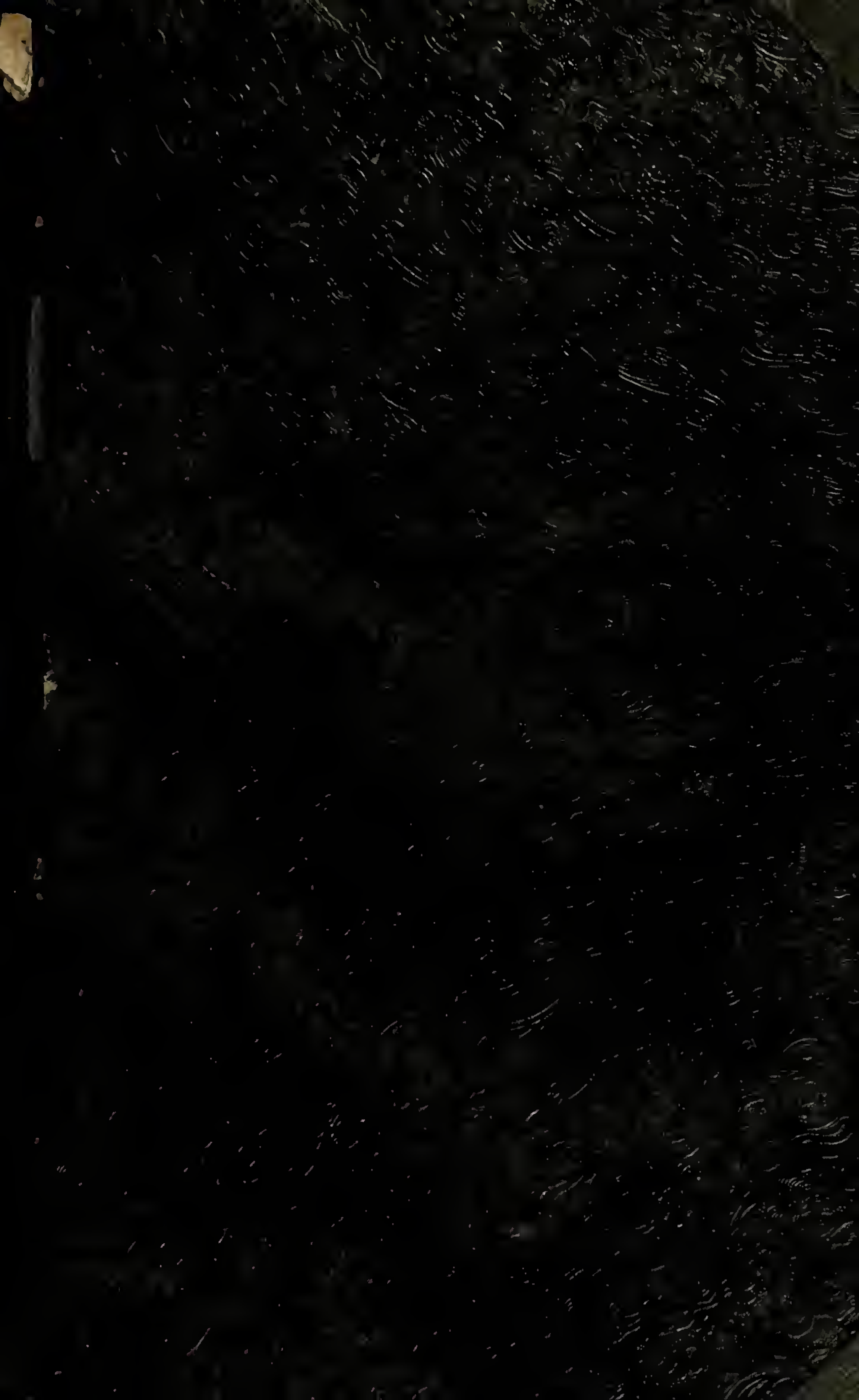
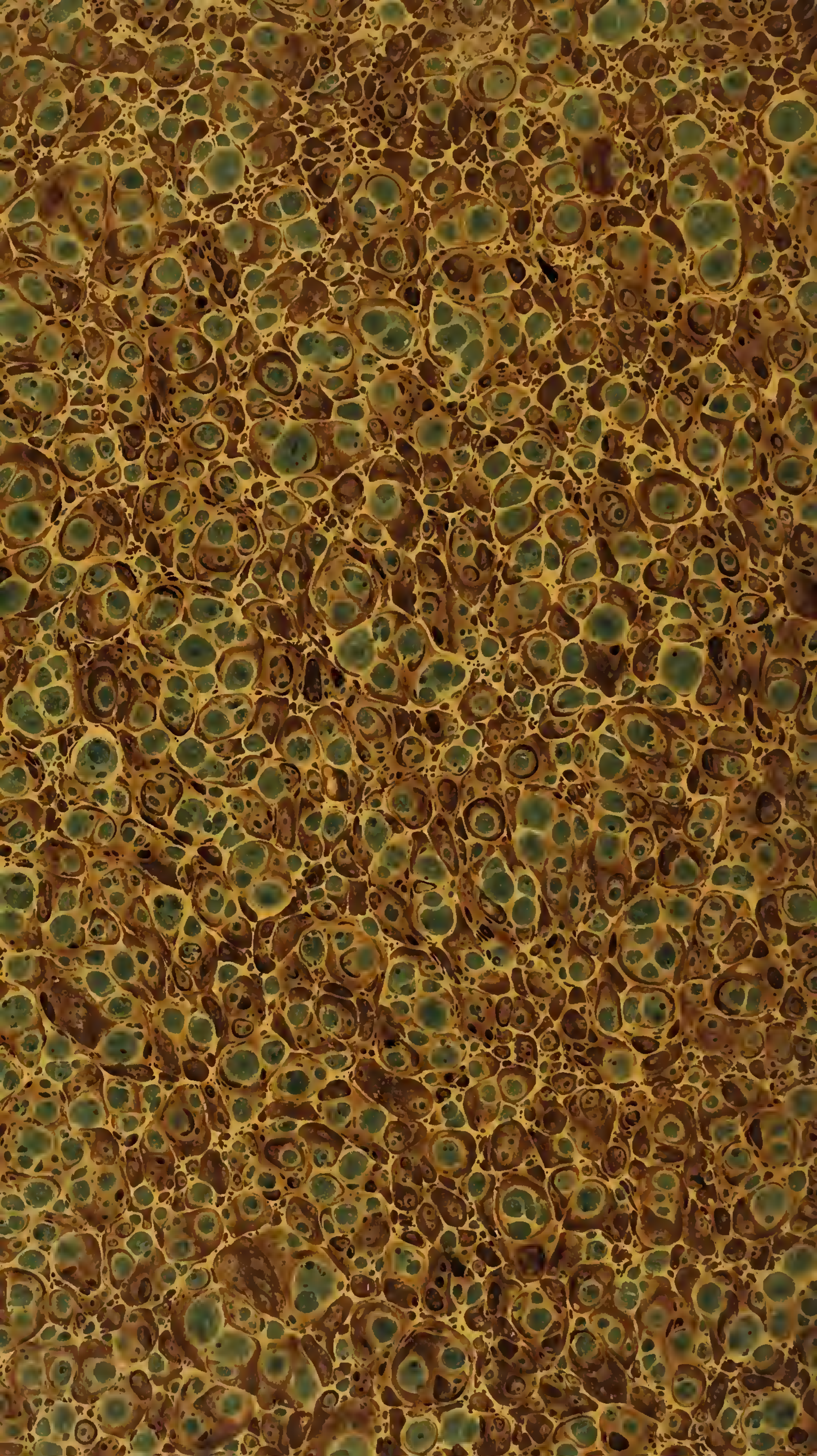
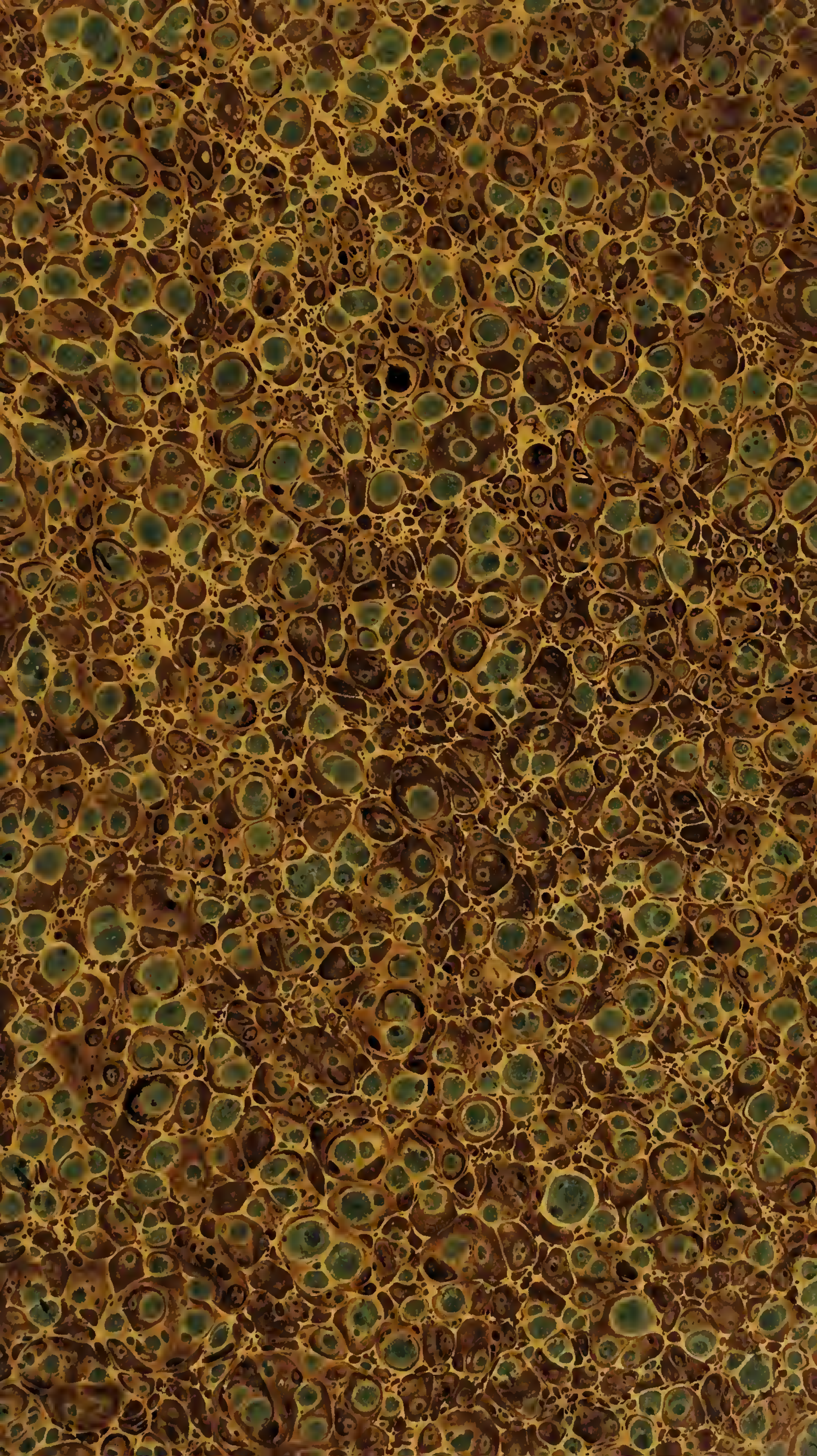






DOUZE LEÇONS

DE PHYSIQUE GÉNÉRALE,

PROFESSÉES AU MUSÉE DE L'INDUSTRIE.

St-JOSSE-TEN-NOODE. — IMPR. DE F. VERTENEUIL.

DOUZE LEÇONS

DE

PHYSIQUE GÉNÉRALE,

PROFESSÉES AU MUSÉE DE L'INDUSTRIE,

PAR M. PELLETAN,

Chevalier de l'ordre royal de la Légion d'Honneur, professeur en retraite de la Faculté de médecine de Paris, ex-médecin des rois Louis XVIII et Charles X, ex-président des jurys de médecine des départements, membre des Sociétés royales d'Édimbourg, de Calcutta et de plusieurs autres sociétés savantes françaises et étrangères.

RECUEILLIES ET PUBLIÉES

SOUS LES YEUX DU PROFESSEUR.



BRUXELLES,

A. MERTENS, ÉDITEUR, MONTAGNE-AUX-HERBES-POTAGÈRES, 65.

1845.


WELLCOME
HISTORICAL
MEDICAL
LIBRARY

PREMIÈRE LEÇON.

MESSIEURS,

La Physique Générale, suivant le sens étymologique du mot, est la science de la nature, c'est-à-dire la connaissance de tout ce qui existe dans l'univers : la vie de l'homme si bornée dans sa durée et ses moyens d'étude si restreints nous ont forcé à diviser cette grande masse de connaissances en plusieurs branches, que les savants se sont, en quelque sorte, partagées. L'astronomie s'occupe des astres, de leurs mouvements et de leurs lois; la géologie s'occupe plus spécialement du globe que nous habitons; la physique particulière étudie les propriétés générales et spéciales de la matière et des corps sublunaires; la mécanique calcule les mouvements, constate les lois de l'équilibre, traite des forces et de leurs effets; l'histoire naturelle, sous les noms de minéralogie, botanique et zoologie, s'attache à reconnaître et à classer les êtres naturels.

La chimie, non contente des propriétés apparentes et accessibles aux sens, cherche à pénétrer l'intérieur des corps, en détermine la composition, et nous les montre comme simples ou composés; enfin les sciences physiologiques étudient la vie dans

les êtres qui en sont doués, et tâche de se rendre compte de ses admirables phénomènes.

Vous voyez, Messieurs, quelle énorme masse de connaissances représente le mot Physique Générale, et vous pouvez être surpris que nous essayions de donner en douze leçons une idée de cet ensemble, dont chaque partie exige, pour sa culture, toute la vie d'un homme; mais je dois vous faire remarquer que le génie humain est parvenu à découvrir un certain nombre de lois qui sont assez simples et peu nombreuses et qui président à tous les phénomènes; il est donc possible d'exposer les lois générales de la nature en les démontrant et les expliquant à l'aide d'un certain nombre de faits et d'expériences choisis, et si la réunion de toutes les branches de la Physique reçoit le nom d'ensemble des connaissances naturelles, l'exposé sommaire et démonstratif des lois de la nature mérite le nom de Philosophie naturelle, et c'est l'objet de ce cours.

Avant d'entamer le vaste sujet qui doit nous occuper, permettez-moi, Messieurs, de vous soumettre quelques réflexions sur l'influence que l'étude des sciences naturelles peut exercer sur l'existence de l'homme dans l'état actuel de la société.

Cette influence peut s'exercer par des applications directes aux arts utiles, en agissant sur les jouissances des sens, ou sur les jouissances intellectuelles, et enfin en agissant en somme sur le bonheur individuel.

Il semblerait que l'utile application des sciences aux arts dût être aujourd'hui hors de doute, et cependant il existe un préjugé contraire, fortement enraciné et dont l'expression se retrouve à chaque instant; on dit, en effet, tous les jours, c'est la pratique qui perfectionne les arts, *fabricando fit faber;* on va souvent plus loin, et beaucoup de gens redoutent les savants pour le succès des arts.

Tout préjugé a une base véritable, car une opinion aussi générale ne saurait s'établir sans une bonne raison, et, en effet,

remarquez bien, Messieurs, que ce préjugé est parfaitement fondé en raison seulement; cette raison, qui a existé longtemps, n'existe plus, cette vérité est devenue de l'histoire, et c'est aujourd'hui l'inverse qui est vrai.

En effet, les sciences ne sont utilement applicables aux arts que quand elles sont elles-mêmes perfectionnées : le plus petit phénomène des arts est un cas compliqué, beaucoup de causes concourent à le produire, une bougie qui brûle présente des effets de lumière et de chaleur, des phénomènes capillaires pour l'ascension du liquide fondu dans la mèche, et des phénomènes de chimie pour la décomposition plus ou moins complète du combustible et sa conversion en hydrogène carboné avec ou sans dépôt de charbon ; que la partie physique soit bien comprise, ce ne sera rien, si la chimie n'est pas encore au même point de perfectionnement. Il résulte de ce que nous venons de dire qu'en effet, depuis des siècles que les arts se perfectionnent, ils se sont perfectionnés par la seule pratique, attendu que les sciences n'étaient pas prêtes pour cette œuvre difficile.

Mais, Messieurs, veuillez comparer ce qui s'est passé dans les arts depuis leur origine à ce qui arrive depuis un demi-siècle environ, que les sciences ont été perfectionnées de manière à leur servir de guide.

De l'origine des sociétés jusqu'à ces derniers temps, l'art de l'éclairage avait marché depuis le brandon résineux du sauvage jusqu'à la respectable lampe antique et à la chandelle moulée de nos pères, et depuis cinquante ans, nous avons la lampe à double courant d'air, l'éclairage au gaz, la bougie stéarique due aux belles recherches chimiques de Chevreuil sur les corps gras, la lumière au chalumeau d'oxygène, qui surpasse celle du soleil même, et enfin la lumière électrique qu'aucun regard ne peut fixer et qui ne consomme aucun combustible.

La machine à vapeur est inventée, mais elle reste deux cent ans sans qualités et sans usage ; il faut enfin la vie entière de

Watt, et des travaux infinis soutenus de la fortune d'un associé millionnaire, pour rendre cette machine utilement applicable à élever de l'eau des mines, tandis que, depuis peu d'années, cinquante utiles modifications de cette belle machine ont été trouvées, qui s'appliquent avec une merveilleuse facilité à tous les besoins de l'homme, et il y a certainement plus loin de la locomotive de Stephenson à la machine de Watt, que de la machine de Watt à celle de Papin.

Ainsi, les arts se sont perfectionnés lentement, et, faute de mieux, par la seule pratique; et maintenant, ils se perfectionnent rapidement et à coups sûrs par l'application des sciences; enfin, on ne saurait, aujourd'hui, éprouver que de la pitié pour tout homme qui voudrait perfectionner certains arts sans savoir la chimie, perfectionner les machines, sans savoir la mécanique, perfectionner l'éclairage sans savoir la physique, et enfin, perfectionner l'exploitation du fer, par exemple, sans savoir la mécanique, la physique et la chimie.

Mais, Messieurs, si nous considérons plus directement les sciences naturelles dans leurs rapports avec le bonheur individuel, voici ce que nous trouvons :

Les hommes qui ont été, comme on dit assez souvent mal à propos, favorisés des biens de la fortune, sont en proie à un des plus grands ennemis de l'homme; l'ennui décolore leur existence; aussi voyez avec quelle avidité ils recherchent les spectacles, les choses nouvelles et extraordinaires; ils sont ainsi poussés vers ces choses, d'abord par le besoin d'occuper leurs pesants loisirs, et puis, par ce sentiment inné dans l'homme, le besoin de savoir, d'exercer son intelligence; ils ne se doutent pas que les sciences naturelles leur offriraient des milliers de miracles bien plus curieux et plus intéressants que ceux dont ils peuvent se procurer la vue avec de l'argent; mais malheureusement, ce n'est pas ainsi qu'on se fait ouvrir la porte du grand spectacle de la nature, c'est seulement à l'aide d'un peu de travail.

Parmi les hommes qui font un usage habituel de leur intelligence, beaucoup ne l'emploient qu'à se rendre malheureux; ceux qui s'occupent de politique, pour un moment de satisfaction d'amour-propre, éprouvent mille déboires; presque toujours payés d'ingratitude, ils obtiennent leur plus brillant succès quand ils ne sont en butte qu'à la haine de la moitié moins un de leurs concitoyens.

Quant aux littérateurs et aux poëtes, le sort leur a réservé les peines les plus amères depuis la lutte incessante avec la misère jusqu'au suicide du poëte incompris; car, dans ces brillantes carrières, chaque siècle produit un homme supérieur, et la médiocrité, c'est la mort.

Voyez par opposition, Messieurs, l'heureuse influence des sciences naturelles; comme jouissances matérielles, elles développent au centuple la puissance de nos sens naturels, elles font pénétrer notre regard, depuis les espaces célestes jusqu'aux atomes microscopiques; elles nous apprennent à développer et à ménager nos forces physiques; elles corrigent nos infirmités naturelles ou acquises, et, enfin, nous apprennent à vivre le plus longtemps possible, par le meilleur usage de ce que l'hygiène nomme les choses extérieures.

Comme jouissances intellectuelles, les sciences naturelles développent et satisfont en nous ce penchant naturel à savoir et à comprendre; cette curiosité, qui est l'essence de l'esprit humain et, de plus, leur culture, donne au jugement de la rectitude et de la solidité.

Et voyez, Messieurs, quelle est encore la supériorité des sciences naturelles sur les autres connaissances humaines, comme carrière professionnelle.

Ceux qui se livrent à leur étude rencontrent toujours quelque côté pratique qui peut assurer leur existence; il n'y a pas de mérite incompris dans cette carrière positive, chaque découverte est une propriété incontestable. Il ne doit pas y avoir de jalousie

et de rivalité, car le livre de la nature est immense, et nous n'en avons encore déchiffré que quelques feuillets; d'ailleurs, une découverte qui immortalise un homme, est une source où vingt autres trouvent, à leur tour, gloire et réputation : sans Kepler, qu'aurait été Newton ; sans Papin, qu'aurait fait Watt, et combien de réputations immortelles seront dues au galvanisme, qui porte le nom de son auteur.

En un mot, Messieurs, je l'ai dit ailleurs et je le répète volontiers, pas un homme n'est sorti malheureux du laboratoire de Dumas, et plusieurs en sont sortis membres de l'Académie des sciences.

Après avoir essayé, j'ose l'espérer avec quelques succès, de vous montrer le mérite et les avantages de l'étude des sciences naturelles, je vais entamer cette étude en commençant par les notions les plus générales.

Quelles que soient l'immensité de la nature et l'innombrable quantité des objets dont elle se compose autour de nous, on s'assure aisément qu'il n'y a dans toute cette nature que trois choses : l'espace, les corps, et des mouvements, lesquels sont déterminés par des causes que nous nommons forces ou puissances.

Nous allons jeter un coup d'œil général sur ces différentes parties composantes de ce qu'on nomme la nature.

L'espace peut être défini, le lieu où sont les corps, et l'on comprend que nous pouvons avoir conscience de l'existence de ce lieu même en l'absence de toute espèce de corps. Ainsi, quand l'univers actuel s'anéantirait tout à coup, on sent qu'il laisserait une place vide.

L'espace doit avoir une bien grande étendue, si nous en jugeons par le peu que nous pouvons en explorer à l'aide de nos instruments, par exemple : Nous distinguons facilement à l'occident de petites étoiles fixes qui certainement sont assez loin de nous pour que la lumière emploie mille ans à parcourir cette distance, quoique cette même lumière se meuve avec une vitesse

de 77 mille lieues par seconde ou un milliard 116 millions de kilomètres par heure, et vers l'orient nous voyons en même temps d'autres étoiles qui sont à la même distance, ce qui veut dire que l'étendue de l'espace qui sépare ces deux étoiles opposées, c'est-à-dire le diamètre de l'univers visible, ne pourrait être traversé par la lumière qu'en 2 mille ans; nous parlons là de choses approximatives et seulement probables, mais il est positif et démontré que de belles étoiles très-brillantes à l'œil nu sont à une telle distance que la lumière met dix ans à venir d'elles à nous, ce qui représente déjà un assez grand diamètre de l'univers visible.

Il résulte de ces faits que si une belle étoile venait à s'anéantir subitement nous la verrions encore pendant dix ans à la même place, recevant ainsi successivement toute la lumière qui est en route pour parvenir à la terre, l'inverse aurait lieu si une étoile était créée, nous ne commencerions à la voir qu'au bout du même temps.

Est-ce donc à dire que l'espace soit infini ; c'est un point sur lequel les anciens se sont plus à disserter, cherchant dans une métaphysique obscure et ardue une abondance de raisonnements pour et contre la question ; mais, Messieurs, depuis la renaissance des sciences en Europe, depuis que l'esprit d'observation a été substitué au jeu de l'imagination et aux abus d'une vaine scolastique, nous avons pour habitude de ne point discuter sur ce que nous ne pouvons pas comprendre et de ne jamais employer un mot qui exprime au delà de ce que nous savons ; c'est pourquoi nous ne dirons pas que l'espace est infini, parce que l'esprit de l'homme étant limité, ne saurait comprendre ce qui ne l'est pas ; mais au lieu de cette expression vague et hypothétique, *l'espace est infini*, nous en emploierons une autre précise et certaine, en disant *l'espace est indéfini*, ce qui exprime tout simplement que nous ne lui connaissons pas de limites.

Des portions de cet espace total, dont nous venons de parler, peuvent se trouver occupées, renfermées ou circonscrites, soit

en réalité par des corps matériels, soit d'une manière seulement fictive ou idéale; ainsi l'espace contenu dans la pièce où nous sommes est réellement circonscrit par ces murailles; lorsque l'on dit un arpent, on se représente une surface limitée par des lignes conventionnelles, et lorsqu'on dit un mètre cube, on entend parler d'un espace enfermé par six carrés d'un mètre chacun, sans s'occuper d'ailleurs de la question de savoir s'il y a quelque chose et ce qu'il y a dans cet espace.

L'espace circonscrit porte le nom particulier d'*étendue*, et il est suceptible de mesure par comparaison avec d'autres étendues conventionnelles et cette mesure peut avoir lieu, comme on dit communément, dans trois directions, en longueur, en largeur et en épaisseur ou profondeur.

L'étude de l'étendue abstractivement limitée constitue une branche des mathémathiques que l'on appelle la géométrie, et les géomètres non-seulement considèrent l'espace comme s'il ne contenait pas de matière, mais encore ils mesurent l'étendue seulement dans un sens, ce qui produit les lignes; seulement dans deux sens, ce qui produit les surfaces, et enfin dans trois dimensions, ce qui produit le volume; ils vont plus loin encore, ils admettent qu'un point n'a de dimension dans aucun sens, en sorte qu'il ne saurait être que la fin ou le commencement d'une ligne.

Quant à l'étendue physique ou réellement occupée par de la matière, elle jouit toujours des trois dimensions, et l'esprit ne peut concevoir aucune particule de matière, si petite qu'elle soit, qui n'ait sa longueur sa largeur et son épaisseur.

Messieurs, dans cet espace immense dont nous vous parlions tout à l'heure, on apperçoit, surtout pendant la nuit, des points lumineux plus ou moins brillants qui sont certainement des corps, puisqu'ils affectent nos sens. Quant à l'espèce de voûte bleue, sur laquelle ces points brillants semblent être attachés et qu'on a coutume d'appeler le ciel, ce n'est rien du tout qu'un vide incommensurable, qui devrait être parfaitement noir, puis-

que le vide ne saurait envoyer de la lumière à notre œil ; et si pourtant ce ciel nous paraît bleu, c'est que nous ne le voyons qu'à travers notre atmosphère, qui, elle-même, est d'un bleu plus ou moins blanchâtre ; nous sommes dans le cas d'un individu qui regarderait le monde au travers d'une vitre colorée. Ces points brillants qui se détachent sur le fond du ciel portent, en général, le nom d'étoiles ; les anciens, qui les ont, de tout temps, observées avec beaucoup d'intérêt, ont distingué les divers groupes que forment les plus brillantes de ces étoiles et en ont fait ce qu'on appelle des constellations, comme le Chariot, le Râteau, la grande Ourse, etc. ; mais ces anciens, privés d'instruments d'optique perfectionnés, ne connaissaient guère que mille à douze cents étoiles, tandis que l'astronome Herschell, en explorant de tous côtés le ciel avec son énorme télescope, a dû conclure qu'il y en avait au moins trente-cinq millions.

Parmi ces étoiles, il en est un grand nombre qui, depuis les siècles qu'on les observe, n'ont pas bougé de place et n'ont pas changé le moins du monde de rapports entre elles. Les astronomes égyptiens, qui ont construit le zodiaque de *Dendera,* voyaient les constellations précisément semblables à ce qu'elles sont aujourd'hui ; ces innombrables points lumineux ont mérité le nom d'étoiles fixes que nous leur conservons, quoique les habiles astronomes de nos jours aient déjà découvert un bon nombre de ces astres éloignés qui font de petits mouvements, qui tournent deux à deux l'un autour de l'autre, qui disparaissent un temps pour reparaître ensuite, qui enfin changent considérablement d'éclat, souvent en très-peu de temps.

Mais parmi les nombreuses étoiles que la vive lumière du soleil nous empêche de voir dans le jour et qui reprennent leur éclat quand il a disparu sous l'horizon, on a depuis bien longtemps remarqué cinq globes lumineux, moins éclatants que les étoiles fixes, et qui très-évidemment se déplacent continuellement par rapport à ces étoiles et par rapport à nous-mêmes. Il

est évident que les étoiles fixes brillent d'elles-mêmes et sont de véritables soleils, tandis que les cinq globes mobiles en question ne sont visibles pour nous que parce qu'ils sont éclairés par notre propre soleil; c'est là ce qu'on appelle des planètes, et la terre elle-même doit être rangée dans cette catégorie.

Les instruments perfectionnés de l'astronome Herschell lui ont fait découvrir quatre petites planètes qu'il a nommées, Vesta, Junon, Cérès et Pallas, et en second lieu lui ont permis de démontrer qu'une certaine étoile que l'on aperçoit quelquefois à l'œil nu, est véritablement une planète qu'il a nommée Uranus, et que nous nommons souvent Herschell, du nom de celui qui l'a découverte.

Il est bien évident que les corps dont nous venons de parler sont très-voisins les uns des autres et tous très-rapprochés de cette énorme masse lumineuse que nous appelons le soleil, par comparaison avec la distance qui nous sépare de la plus voisine des étoiles fixes; ainsi donc le soleil, les onze planètes que nous avons nommées et certains petits corps qui circulent autour de certaines de ces planètes et qu'on nomme leurs satellites, forment ensemble un petit système à part que l'on nomme *système planétaire* et dont les diverses parties sont assez voisines les unes des autres pour que l'on puisse de la terre, par exemple, les observer et les étudier avec beaucoup d'exactitude.

Eh bien, Messieurs, malgré la petitesse relative de notre monde planétaire, malgré la facilité des observations, il est difficile de se faire une idée de la quantité innombrable d'erreurs et d'idées fausses qui ont successivement régné dans le monde savant, qui n'a pas manqué de les inoculer à tous les esprits vulgaires, sur la manière dont les choses se passent dans ce petit univers. Il est vrai de dire que la principale cause de toutes ces erreurs, c'est que la terre sur laquelle nous sommes placés pour observer, fait elle-même chaque jour un tour entier sur son axe, et qu'en même temps elle décrit tous les ans une vaste circonfé-

rence autour du soleil; il faut ajouter encore qu'il est presqu'impossible de se persuader à soi-même que l'on se meut dans ces deux sens à la fois et avec une très-grande rapidité lorsqu'on ne voit rien changer autour de soi.

Il faut attribuer à ces circonstances l'opinion qui a prévalu si longtemps et qui faisait de la terre le centre du monde autour duquel le soleil, les planètes et des millions d'étoiles fixes devaient décrire tous les jours une immense révolution.

Il est remarquable que, d'après cette idée primitive erronée, il devait être excessivement difficile de se rendre compte des mouvements des autres planètes connues; cela allait tout seul pour les étoiles fixes et pour le soleil, et l'on admettait tout simplement que tout cela avait été créé pour la terre et tournait autour d'elle, ce que toutes les observations semblaient confirmer; mais, quant aux planètes, les mouvements propres et divers dont elles sont douées jetaient la plus grande confusion dans le système, et, en effet, ces planètes observées de la terre paraissent marcher tantôt à droite, tantôt à gauche, les plus belles et les plus remarquables semblent même avancer pendant un certain temps puis reculer pendant une autre période, et certainement les astronomes jusqu'à Ticho-Brahé ont dépensé beaucoup plus de génie pour essayer de faire coïncider les observations avec leurs systèmes erronés qu'il n'en a fallu à Copernic pour découvrir la vérité; savoir, que le soleil est placé au centre du système planétaire et que les onze planètes, y compris la terre, circulent autour de lui, à des distances et dans des temps inégaux.

Il y a, Messieurs, et ce que je vais vous expliquer est sans contredit la découverte qui fait le plus d'honneur à l'esprit humain; il y a, dis-je, une loi générale, unique et constante qui préside à tous ces mouvements du système planétaire, et ce qui est plus admirable encore, on reconnaît tous les jours que la plupart des phénomènes qui se passent entre les petits corps que nous pouvons soumettre à nos expériences, sont

soumis à cette même loi qui régit le mouvement des astres.

Vous le savez tous, Messieurs, c'est l'immortel Newton qui a découvert cette loi générale ; mais ce qui est moins vulgairement connu et ce que la justice exige de faire connaître, c'est que Newton a eu un précurseur.

Oui, Messieurs, en 1550, il y avait un astronome allemand qui se nommait Kepler, il était contemporain de Ticho-Brahé; cet homme était doué à la fois du génie le plus ardent et d'une infatigable persistance au travail, il a, toute sa vie, observé minutieusement les astres, il a quelquefois passé dix années à essayer, par le calcul, de vérifier certaines suppositions qu'il se voyait enfin forcé d'abandonner, enfin, après une vie de travail et d'observation, il est parvenu à publier un livre contenant les véritables lois des mouvements planétaires, et cet homme disait de son livre : «On le lira dans l'âge présent ou dans la postérité, que m'importe! il pourra attendre son lecteur; Dieu n'a-t-il pas attendu six mille ans un contemplateur de ses œuvres?»

Tant il est vrai qu'un astronome ne peut être que le plus modeste ou le plus orgueilleux des hommes; le plus modeste, quand il considère son existence atomistique ; le plus orgueilleux, quand il se sent capable de juger, d'apprécier et de calculer les merveilles de la création.

Les observations nombreuses de Kepler l'avaient conduit à établir :

1° Que toutes les planètes se meuvent autour du soleil dans le même sens et dans des courbes planes;

2° Que les courbes parcourues par les planètes sont des ellipses dont le soleil occupe un des foyers;

3° Que les espaces parcourus dans ces courbes sont proportionnels aux aires parcourues par le rayon vecteur ou la ligne qui joint le foyer à l'astre;

4° Enfin que les temps des révolutions des planètes sont proportionnels aux cubes des grands axes de leurs ellipses.

Newton est arrivé, et il a dit : Il doit y voir une cause quelconque qui détermine la matière à se rapprocher d'une autre matière, et c'est pour cela que la pomme détachée de l'arbre tombe à terre, c'est aussi pour cela que les planètes sont retenues et enchaînées dans leurs orbites par l'action du soleil. On peut, dit-il aussi, appeler cela *attraction*.

L'attraction est proportionnelle aux masses de matière, car c'est autour du soleil, qui est un million trois cent trente-deux mille fois plus grand que la terre, que toutes les planètes circulent.

Il faut absolument que cette force s'exerce en raison inverse du carré des distances, car c'est la seule condition mathématique sous laquelle un corps lancé par une force de projection, puisse décrire une ellipse autour d'un des foyers comme centre d'attraction; enfin, Newton a dit : l'attraction est nécessairement la même dans tout l'univers, que cette matière fasse partie de Mercure, de la Terre ou d'Herschell, puisque les durées des révolutions qui dépendent évidemment de la force de l'attraction, ne varient suivant aucune autre influence que celle de la distance au soleil; en sorte que la terre, transportée subitement à la place d'Herschell, mettrait quatre-vingt-quatre ans à tourner autour du soleil.

Newton, Messieurs, ne s'est pas contenté, pour fonder son système, des lois constatées par Kepler, il a spécialement étudié la marche de la lune autour de la terre; il a travaillé quinze ans à rectifier les tables lunaires, et ce n'est qu'après avoir réussi à faire coïncider complétement la marche de cet astre avec sa doctrine, qu'il a publié la grande loi de la nature qui se résume ainsi.

La matière s'attire, cette attraction est la même pour toute espèce de matière, cette attraction est proportionnelle aux masses ou à la quantité de matière qui agit, cette attraction s'exerce en raison inverse du carré des distances, c'est-à-dire, qu'à une

distance double, elle n'est plus qu'un quart; à une distance triple, un neuvième, etc.

Vous le voyez, Messieurs, tout s'explique dans le monde, par une certaine force d'attraction, dont la matière paraît généralement douée, et c'est un argument favorable à ceux qu'on désigne sous le nom de matérialistes et qui ont la prétention de n'admettre dans le monde que la matière avec ses propriétés, et c'est, du reste, un préjugé trop généralement reçu, que l'étude des sciences naturelles conduit à ce genre de croyance.

Cependant, Messieurs, en suivant la méthode de raisonner que Newton a employée, cette ellipse, qu'une planète décrit autour du soleil et dont l'existence exige impérieusement une attraction centrale, qui s'exerce en raison inverse du carré des distances, exige non moins impérieusement que la planète soit animée d'un mouvement uniforme, suivant la tangente de l'ellipse, lequel mouvement ne saurait être produit que par une puissance qui a agi un seul instant et qui, depuis, n'existe plus; cette puissance, quoi qu'on puisse dire, ne saurait donc être une propriété de la matière, il y a donc dans le monde autre chose que la matière, et le matérialisme est vaincu par la science ellé-même.

Je n'ajouterai, Messieurs, qu'une seule observation; mais elle est digne de remarque, le célèbre Laplace, qui n'a jamais rien avancé sans le démontrer, a essayé avec beaucoup de succès, de produire une cosmogonie physique, c'est-à-dire, une théorie physique de la formation du monde, mais la seule chose que cet illustre mathématicien n'ait pas démontrée, et M. Arago, son digne historien est forcé d'en convenir, c'est l'origine d'un mouvement circulatoire entre des corps qui s'attirent réciproquement, et cela sans l'intervention d'une force étrangère.

DEUXIÈME LEÇON.

MESSIEURS,

Nous avons terminé la première leçon par quelques considérations très-générales sur l'espace, sur les corps qui semblent y être semés à une si grande distance les uns des autres, sur les mouvements dont quelques-uns de ces corps sont agités, sur les lois qui président à ces mouvements, et nous avons terminé en énonçant la loi de Newton.

Aujourd'hui, nous nous occuperons plus particulièrement du petit monde dont notre globe fait partie et qu'on appelle le système planétaire. Nous disons le petit monde, car il n'a que 1,333,666 lieues de diamètre, et cette étendue ne serait qu'un point pour un observateur qui se trouverait placé au voisinage d'une étoile fixe; ce n'est là ni le fruit de l'imagination, ni même une exagération, c'est la déduction mathématique et certaine de ce qu'on appelle la parallaxe des étoiles. On s'est, en effet, assuré que les deux lignes qui, des deux extrémités d'un des diamètres de l'orbite de la terre, se dirigent vers une petite étoile fixe ne font entre elles aucun angle sensible, de manière que si notre œil était placé où se trouve l'étoile fixe, les deux rayons visuels qui lui parviendraient des

deux extrémités de ce diamètre, ne formant aucun angle sensible, ne représenteraient qu'un point sans étendue.

S'il en est ainsi, il est évident qu'il pourrait y avoir, autour de toutes les étoiles fixes que nous apercevons, une très-grande quantité de planètes dont elles seraient les soleils, et cela sans que nous pussions en avoir la moindre connaissance. Il faut donc nous résigner à penser que, s'il existe dans quelques-uns de ces mondes des êtres pensants, observateurs, et même munis de très-bons télescopes, nous sommes pour eux invisibles, inaperçus, et précisément comme si nous n'existions pas.

Cette pensée n'a rien de bien satisfaisant pour l'orgueil humain; mais en continuant l'examen de notre petit monde, nous rencontrerons encore bien d'autres raisons d'humilité.

Notre système planétaire se compose d'un globe lumineux qu'on nomme le soleil, et qui paraît être d'une nature toute semblable à celle des étoiles fixes, puisqu'il est visible, éclatant et lumineux par lui-même; il ne nous paraît, du reste, aussi gros, comparativement aux étoiles fixes, que par la différence des distances.

Comment ce globe est-il ainsi suspendu, presque immobile au milieu de l'espace; c'est un fait qui semble en contradiction avec ce que présentent les corps dont nous disposons, et qui tous ont besoin d'être soutenus, supportés ou suspendus pour ne pas tomber sur la terre; mais il faut remarquer que cette tendance à tomber n'est qu'un effet de l'attraction du globe terrestre, et que le soleil, d'une masse énorme et placé bien loin des petites planètes qui l'entourent, n'a par lui-même aucune raison de se mouvoir, si ce n'est la légère attraction des planètes qui, pendant qu'elles tournent autour de lui, l'attirent en effet de leur côté et l'entraînent dans de légers mouvements de déplacement.

Le soleil est sphérique, il est très-gros par rapport à la terre, car il a un million 331 mille fois le volume de notre globe, quoique, en réalité, il ne pèse que 337 mille fois autant, attendu que

sa densité est beaucoup plus faible que celle du globe terrestre.

Pour se faire une idée de la grandeur du soleil, on peut se représenter que si son centre était placé où est le centre de la terre, sa circonférence irait un peu plus loin que la lune.

Quand on examine le diamètre apparent du soleil, on trouve qu'il soutend un angle de 31′51″. Ce diamètre paraît plus grand en hiver, parce qu'en hiver nous sommes plus près du soleil, contre l'opinion qui paraîtrait la plus naturelle. Nous expliquerons plus tard cette apparente contradiction.

Le soleil tourne sur lui-même dans un plan qui est presque parallèle à l'écliptique, c'est-à-dire, au plan dans lequel la terre elle-même circule. Ce mouvement de rotation s'exécute en vingt-cinq jours et demi, ce qui fait que nous voyons successivement toutes les parties de la surface du soleil et comme son image réfléchie par un miroir ou projetée sur un plan à travers un petit trou, est toujours circulaire, nous en concluons que le soleil est sphérique ; le mouvement de rotation du soleil se fait aussi dans le même sens que celui de toutes les planètes.

Le soleil est la source naturelle de la lumière; elle nous arrive directement par un temps serein; elle nous parvient encore, mais d'une manière diffuse, à travers les nuages qui font l'effet d'un verre dépoli cachant à nos yeux l'astre lui-même, et laissant pourtant passer sa lumière. Lorsque le soleil est sous l'horizon, la lune, quand elle se trouve dans une situation favorable, nous renvoie encore assez de clarté pour diriger presque toutes nos actions : quand les deux astres manquent, une clarté faible et douteuse existe encore sur la terre; elle provient des étoiles fixes et des planètes : enfin, vous connaissez tous, Messieurs, la lumière artificielle dont les dernières découvertes scientifiques ont perfectionné à un si haut degré les avantages.

Cette lumière, que nous envoie le soleil, ne nous arrive pas instantanément; elle emploie 8′13″ à venir du soleil jusqu'à nous, quoiqu'elle parcoure 77 mille lieues par seconde.

Indépendamment de la lumière, le soleil nous fournit de la chaleur, et l'on a coutume de dire que le soleil émet des rayons lumineux et des rayons calorifiques. On observe, en effet, qu'un thermomètre, exposé aux rayons du soleil, s'élève rapidement, et dans certains climats, jusqu'au delà de 50 degrés centigrades; néanmoins il paraît que le soleil nous envoie plutôt quelque chose qui peut devenir de la chaleur que de la chaleur même. Fourier a calculé que le vide de l'espace devait être à 60 degrés au-dessous de zéro. Gay-Lussac, s'élevant dans un ballon de la cour du Conservatoire des arts et métiers à Paris, par une chaleur de 29 degrés, a constaté, à 6,000 mètres de hauteur, un froid de 10 degrés au-dessous de zéro. Enfin, un thermomètre exposé au soleil monte d'autant plus haut qu'il est mieux enveloppé de corps noirs. Il semble donc que les corps ont la propriété d'absorber les rayons du soleil, et de les convertir en calorique : les différents corps exercent d'ailleurs cet effet à des degrés très-différents, le noir s'échauffant beaucoup plus que toute autre couleur.

Aussi est-ce un bon moyen de hâter la maturité des fruits que de placer derrière eux un corps noir, comme du feutre, par exemple.

Nous disons donc, en résumé, que le soleil nous envoie de la lumière, plus quelque chose qui peut devenir chaleur et qui se trouve bien exprimé par les mots rayons *calorifiques*.

On s'est fait une foule d'idées plus bizares et plus extraordinaires les unes que les autres sur la constitution du soleil, on en a fait un brasier alimenté, de temps à autre, par quelque comète venant se perdre dans sa masse; on l'a considéré comme une masse incandescente et bouillonnante, rejetant des scories à sa surface et peut-être même projetant de temps en temps au dehors quelques masses en fusion destinées à devenir de nouvelles planètes.

Un phénomène curieux et qui n'a pas laissé de jeter quel-

que inquiétude dans le monde, ce sont les taches qu'on observe en effet à la surface du soleil. Ces taches sont noires; elles sont variables; on en a observé qui étaient plus grande que la terre, mais il est bien certain que leur existence ou leur absence ne coïncide avec aucune variation sensible de lumière ou de chaleur à la surface de notre globe.

Voici l'idée la plus probable qu'on puisse se faire aujourd'hui de la constitution du soleil. C'est un globe solide, noir, et par conséquent, privé de chaleur et de lumière, mais enveloppé d'une atmosphère qui est la source de ces deux effets; les taches qu'on aperçoit, sont des vides ou des trous de cette atmosphère à travers lesquels on aperçoit le noyau du soleil.

Il est bien certain que la lumière solaire provient d'un corps qui n'est pas solide; car, on a reconnu à la lumière certaine propriété que l'on nomme polarisation, et l'on a parfaitement constaté que la lumière qui provient d'un corps solide est toujours en partie polarisée, tandis que celle qui provient des gaz, ne l'est jamais; or, la lumière du soleil n'est jamais polarisée.

Maintenant, comment peut se produire et s'entretenir cette atmosphère, qui peut inonder l'espace de lumière sans fin et sans cesse, et sans s'épuiser jamais. Il faut convenir que c'est encore un mystère, et cependant, cette lumière éclatante, qui se produit à la rencontre de deux courants galvaniques, a pu servir de base à une savante théorie, dont nous donnerons peut-être une idée plus tard.

Autour de ce soleil, qui forme le centre et, en quelque sorte, le pivot du système planétaire circulent onze planètes; sept, en comptant la terre, sont très-anciennement connues, quatre que l'on désigne sous le nom de planètes télescopiques, ont été découvertes par Herschell, à l'aide de son immense télescope à miroir, et une dernière, la plus éloignée du soleil, se nomme Uranus ou Herschell; on la voyait depuis longtemps, mais on la prenait pour une étoile fixe de sixième grandeur; c'est encore Herschell,

qui s'est aperçu de son mouvement, et l'a rangée parmi les planètes.

Il y a dans les cabinets beaucoup de machines destinées à représenter ce système, mais il est impossible qu'elles aient la moindre exactitude à cause des grandes différences de volume de tous ces corps, et aussi à cause des énormes distances. Ces instruments, que l'on nomme planétaires, n'ont donc qu'une faible utilité.

Nous allons vous dire un mot de chacune de ces planètes, en commençant par celles qui sont le plus près du soleil.

Mercure, la planète la plus voisine du soleil, en est si près, qu'elle est presque toujours confondu dans sa lumière, excepté dans une certaine position que l'on nomme sa plus grande élongation, c'est-à-dire, sa plus grande distance apparente du soleil, où nous pouvons l'apercevoir; cette planète est très-petite, elle n'a que 1,117 lieues de diamètre, elle n'est qu'à 13,453,000 lieues du soleil; elle fait sa révolution en un peu moins de 68 jours, par conséquent, nous la voyons passer plus de quatre fois par an entre le soleil et nous; quand elle passe exactement devant le soleil, elle y forme une tache noire et ronde, ce qui prouve qu'elle est sphérique, et qu'elle n'a d'autre lumière que celle qu'elle reçoit du soleil; elle a des phases comme la lune, de hautes montagnes et une atmosphère.

Vénus est la planète qui vient après, c'est une belle et brillante étoile, qui a dans le monde une grande réputation; elle est assez voisine du soleil, et, par conséquent, très-éclairée; mais particulièrement tous les huit ans, sa position se trouve si favorable et son éclat tel, qu'on peut la voir, malgré la présence du soleil; tantôt elle se couche avant, tantôt après le soleil, ce qui l'a fait nommer tour à tour, étoile du soir ou étoile du matin.

Vénus a 2,779 lieues de diamètre, elle est placée à 25,133,000 lieues du soleil, et elle fait sa révolution en 224 jours, 16 heures et 42 minutes; d'après cette distance au soleil, qui ne diffère

de celle de la terre que de 9,367,000 lieues, on conçoit qu'il arrive, de temps en temps, qu'elle se trouve très-près de nous, et c'est alors qu'elle nous paraît si brillante.

Vénus a des phases découvertes par Galilée, de très-hautes montagnes et une atmosphère comme la terre.

Les deux précédentes planètes, plus voisines du soleil que la terre, se nomment quelquefois planètes inférieures, et nous devrions à présent nous occuper de cette terre, qui vient après Vénus, dans l'ordre de distance au soleil; mais nous nous réservons d'en traiter spécialement plus tard.

Après la terre vient Mars ; c'est une planète de peu d'apparence et d'une lumière rougeâtre peu éclatante, on y voit des taches diverses et quelque chose qui ressemble à la glace de nos pôles; Mars a aussi une atmosphère, mais on ne lui distingue pas de phases comme aux planètes inférieures, parce qu'elle est trop loin pour que l'on voie la partie obscure de son globe; elle n'a que 1,600 lieues de diamètre ; elle est placée à 53,000,000 de lieues du soleil et tourne autour de lui en un an, 321 jours, 23 heures, 30 minutes, c'est-à-dire près de deux de nos années.

De Mars à la belle planète Jupiter, les anciens astronomes observaient, avec surprise, une distance de 127,000,000 de lieues sans planète, ce qui semblait d'autant plus extraordinaire que ces astronomes avaient remarqué un certain rapport régulier entre les distances des diverses planètes au soleil, et que cette relation manquait seulement entre Mars et Jupiter, ce qui faisait présumer entre eux une planète encore inconnue ; en effet, en cherchant cette planète probable, Herschell découvrit, non pas une seule, mais quatre très-petites planètes très-voisines les unes des autres ; ce sont les planètes télescopiques, qu'Herchell a nommées : Vesta, Junon, Cérès et Pallas ; elles n'ont que 30, 120, 133 et 178 lieues de diamètre ; ce sont à peine des astres, et on les appelle quelquefois des astéroïdes, leurs distances au

soleil sont de 82 à 96,000,000 de lieues, et leurs révolutions se font en trois à quatre années; ainsi se trouve comblé cette lacune qui tourmentait les esprits systématiques.

Jupiter est la plus grande et la plus belle des planètes; elle est, malgré sa distance, presque aussi brillante que Vénus, ce qui dépend de son énorme volume, car il est à peu près 1,500 fois aussi grand que la terre, et de plus Jupiter est entouré de quatre satellites ou planètes secondaires qui circulent autour de lui, comme les grandes planètes circulent autour du soleil; on voit à la surface de Jupiter des taches obscures ou brillantes, et même de larges bandes, qui semblent dépendre de nuages qui flotteraient dans son atmosphère et de son rapide mouvement de rotation.

Jupiter a 33,119 lieues de diamètre, il est placé à 180,865,000 lieues du soleil, et il emploie 11 ans, 218 jours, 14 heures, 27 minutes à tourner autour du soleil; l'ellipse qu'il parcourt est presque dans le même plan que celle de la terre; mais, au contraire, son axe propre de rotation est presque perpendiculaire à ce plan, en sorte que partout ses nuits et ses jours doivent être égaux, et ses saisons semblables; le tout doit être bien froid et bien obscure à cause de sa grande distance au soleil, car si cette énorme planète est habitée par des êtres de notre nature, ils voient le soleil sous un diamètre cinq fois plus petit, et c'est tout au plus s'ils peuvent apercevoir Mercure, Vénus et la Terre; il semble que ce soit pour obvier à ces inconvénients que cette planète a été munie de quatre satellites ou lunes, qui doivent lui renvoyer beaucoup de lumière, car il y en a d'aussi gros que Mercure; le plus rapproché de la planète est à peu près de la même grosseur et à la même distance que notre lune; ces quatre satellites décrivent autour de la planète des ellipses très-régulières, car elles ne sont guère modifiées par l'influence du soleil et des autres planètes placées à de si grandes distances, tandis que la marche de notre lune, au contraire, est puissamment in-

fluencée par ces causes. On a scrupuleusement étudié la marche de ces satellites, on les voit passer devant la planète comme une tache noire, projeter leur ombre à sa surface et souvent s'éclipser derrière elle, et c'est à cette étude approfondie que l'on doit d'avoir pu mesurer exactement la vitesse de la lumière, ainsi que nous l'expliquerons plus tard.

Nous vous ferons remarquer, en passant, que cette planète, mettant douze ans à faire le tour du soleil, chaque fois qu'en faisant notre révolution d'un an nous la devançons ainsi dans notre course, elle doit nous paraître marcher à reculons, comme les arbres d'une route que l'on parcourt rapidement en voiture semblent se mouvoir en sens contraire. Cette observation fait comprendre quelles singulières anomalies les mouvements des planètes devaient offrir aux astronomes tant qu'ils ont cru la terre immobile.

Plus loin et beaucoup plus loin du soleil que ne se trouve encore Jupiter, on rencontre la planète la plus extraordinaire de notre système; elle se nomme Saturne, c'est la plus grosse des planètes après Jupiter; elle a 27,530 lieues de diamètre, elle est placée à 331,592,000 lieues du soleil, et elle fait sa révolution autour du soleil en 29 ans, 173 jours, 23 heures et 2 minutes; on observe à sa surface des taches et des ombres, à peu près comme à la surface de Jupiter. La lumière qu'elle nous renvoie est pâle et terne, ce qui dépend sans doute de la grande distance, mais peut-être aussi de la faible densité de la matière qui la compose et qui n'est guère que 1/7 de la densité de la terre.

Mais ce que Saturne présente de plus extraordinaire, c'est un anneau solide et continu, qui environne la planète sans la toucher comme on pourrait se représenter une infinité de nos lunes se confondant les unes avec les autres, et formant un cercle complet autour de la terre. Cet anneau tourne avec la planète et dans le même sens, mais un peu moins vite qu'elle. On doit considérer l'anneau de Saturne comme une lame annulaire

très-mince, comme serait un rond de carte dont on aurait enlevé le centre. La largeur de l'anneau, considérée sur le plat, est d'environ 100,000 lieues, tandis que son épaisseur est tout au plus de 40 lieues. L'anneau est, du reste, séparé de la planète par un intervalle uniforme de 7,000 lieues.

Il y a plus, Hershell, en étudiant cet anneau avec ses puissants instruments, s'est aperçu qu'il était formé de deux cercles concentriques, isolés et séparés, par un vide de 650 lieues de large.

On conçoit qu'un pareil anneau, vu de la terre, doit présenter des aspects très-variables; il offre ordinairement une figure elliptique dont plus de la moitié est éclairée par le soleil, quelquefois il présente sa tranche à l'observateur, et alors il est à peine visible à cause de son peu d'épaisseur, et néanmoins, Herschell est parvenu à ne pas le perdre de vue, même dans cette position.

Indépendamment de son anneau si merveilleux, Saturne est encore entouré de sept satellites, circulant autour de lui suivant les lois ordinaires, et si l'aspect de cette planète est déjà si extraordinaire pour nous qui la voyons de loin ; les mouvements variés et les différents effets de lumière et d'ombre que produisent les satellites et cet anneau, doivent former un spectacle remarquable pour les habitants de Saturne, s'il en a. Du reste, des êtres semblables à nous, qui habiteraient ce monde, ne connaîtraient, en fait de planètes, que Jupiter et Uranus, et verraient le soleil avec un diamètre dix fois plus petit que celui sous lequel il nous apparaît.

Enfin, Messieurs, un dernier corps planétaire situé aux limites de notre petit monde, et que nous appellerons Herschell, est bien loin d'égaler les précédents en grosseur. Cette planète n'a que 12,200 lieues de diamètre, elle est placée à 666,833,000 lieues du soleil, et elle parcourt son orbite en 84 années, 28 jours, 17 heures et 6 minutes. Ces différentes circonstances sont cause

qu'on ne l'aperçoit pas toujours à l'œil nu, et que même, en la voyant comme une étoile de sixième grandeur, on a pu longtemps la croire immobile, tant son déplacement est lent. Elle n'a été constituée planète qu'en 1761. Il paraîtrait, d'après les observations d'Herschell père et de son fils, que leur planète aurait six satellites, lesquels sembleraient faire exception à la loi commune, parce qu'ils auraient un mouvement rétrograde au lieu de tourner dans le même sens que toutes les autres planètes et satellites.

Vous concevez, Messieurs, que ces planètes, se mouvant autour du soleil, toutes à peu près dans le même plan, mais à des distances et avec des vitesses très-inégales, doivent changer continuellement de rapport entre elles et avec le soleil, quelquefois elles sont en grand nombre du même côté, d'autres fois cela arrive du côté opposé; or, comme l'attraction est réciproque, c'est-à-dire, que si le soleil attire les planètes, les planètes attirent le soleil, il arrive que celui-ci, quelque énorme qu'il soit, est toujours plus ou moins entraîné du côté où se trouve la plus grande masse de planètes, et qu'il éprouve ainsi de légers déplacements dans l'espace.

Il arrive aussi que les différentes planètes s'attirent les unes les autres, et que cette attraction varie en raison de leurs masses et en raison des distances très-variables auxquelles elles se trouvent les unes des autres; il en résulte que les courbes décrites par ces planètes ne sont pas rigoureusement des ellipses, mais des courbes modifiées par des influences nombreuses et variables. Ce qu'on aura peine à concevoir, et ce que Newton lui-même n'osait pas espérer, c'est que l'immortel Laplace, auteur de la Mécanique céleste, est parvenu à soumettre rigoureusement au calcul les moindres de ces perturbations, et à constater que tous les dérangements dans les mouvements des astres qui se produisent dans un sens, se reproduiront plus tard dans un autre sens, de manière à établir une stabilité complète de l'univers.

Je dois cependant l'avouer, Messieurs, il existe un mouve-

ment dont je ne vous ai pas encore parlé, et qui ne tend à rien moins qu'à précipiter tout notre pauvre petit système planétaire sur quelques-unes des étoiles fixes, qui sont aujourd'hui si loin de nous ; il paraît, en effet, certain que notre soleil, avec toutes ses planètes, s'approche lentement d'Hercule ; ce mouvement est très-difficile à constater, puisqu'il se passe entre des corps qui sont si éloignés les uns des autres, que leur écartement exact est aujourd'hui impossible à constater ; quoi qu'il en soit, nous avons du temps, et l'on ne pourrait pas chiffrer le nombre probable de millions de siècles qui pourront être nécessaires pour que notre système aille se précipiter sur quelque étoile fixe.

Au milieu de ce monde planétaire, déjà si petit par rapport à l'univers, il est un corps parmi les plus petits, qui nous intéresse cependant tout particulièrement, et cela, parce que nous vivons sur ce globe et que, s'il est infiniment petit, par rapport au monde entier, il est encore infiniment grand, par rapport à nous. La terre, enfin, qui nous a été donnée pour habitation mobile et temporaire, est une des planètes qui circulent autour du soleil, elle est la troisième dans l'ordre de la distance au centre ; et d'abord, comme nous ne pouvons pas l'observer et la mesurer avec un télescope ainsi que les autres planètes, il est bon de nous assurer, par d'autres moyens, qu'elle est sphérique, opinion qui n'a pas, du reste, été adoptée sans de grandes controverses. Les anciens ont considéré la terre comme un plateau surmonté d'une voûte en cristal ; aujourd'hui, la sphéricité de la terre est devenue incontestable, l'ombre de la terre, se portant sur la lune, est toujours un arc de cercle. Un voyageur, marchant toujours dans la même direction constatée par la boussole, se retrouve, au bout d'un certain temps, au point d'où il était parti, et, par conséquent, il a fait le tour du globe. Lorsque deux vaisseaux commencent à s'apercevoir sur une mer tranquille, chacun d'eux voit du bord le sommet des mâts de l'autre, puis les hunes, puis les voiles d'en bas, puis, enfin, le corps du bâtiment, comment

cela pourrait-il arriver, si ce n'est parce que la surface de la mer est courbe, en sorte qu'elle forme une élévation notable entre les deux vaisseaux éloignés, et que cette élévation diminue de plus en plus, à mesure que les vaisseaux s'approchent, au point que, dans une petite étendue, la mer paraît complétement plane.

La terre est donc une sphère, elle a 2,865 lieues de 25 au degré de diamètre; elle est située à 34,500,000 lieues du soleil; elle emploie une année, 5 heures et 49 minutes, à parcourir son orbite, que l'on nomme aussi l'écliptique ; elle tourne sur elle-même en un jour ou vingt-quatre heures, et autour d'un axe oblique qui présente, par rapport à son orbite, une inclinaison de 66 degrés, 52 minutes.

Le mouvement de rotation est cause lui-même que la terre n'est pas exactement sphérique, car il en résulte une force centrifuge qui a produit un aplatissement vers les pôles et un renflement vers l'Équateur. L'aplatissement total est de 9 lieues et 1/2, et, par conséquent, de 4 lieues 3/4 pour chacun des deux pôles. Cet aplatissement avait été prévu et calculé par Newton ; il a été vérifié, en 1735, par La Condamine et Maupertuis, qui ont été mesurer un degré du cercle de la terre ; l'un au Pérou, l'autre en Laponie.

La terre, ainsi aplatie, circule autour du soleil, non pas dans un cercle, mais dans une ellipse qui, à la vérité, diffère très-peu du cercle, attendu que son grand axe n'excède le petit que de 1,200,000 lieues ; il y a donc, dans cette course, un point où la terre est un peu plus près du soleil et marche plus vite, c'est ce qu'on nomme le périgée; il y en a un autre où la terre est un peu plus loin du soleil et marche un peu plus lentement, c'est ce qu'on appelle l'Apogée. On serait porté à croire que c'est en hiver que nous sommes le plus loin du soleil, et en été le plus près ; mais c'est précisément le contraire, d'abord, la petite différence de distance n'expliquerait nullement la grande différence des saisons, et, d'ailleurs, la véritable cause de ces grandes dif-

férences se trouve dans l'inclinaison de l'axe de la terre, qui fait que presque toutes les parties du globe sont exposées tantôt perpendiculairement, tantôt très-obliquement à l'action des rayons solaires.

Il est très-facile de constater que la terre emploie 365 jours, 5 heures et 49 minutes à faire le tour du soleil ; car, si un certain jour, à une certaine heure bien déterminée, on observait vis-à-vis quelle étoile fixe se trouve le soleil, il s'écoulerait exactement ce laps de temps pour que le soleil se retrouvât encore une fois précisement en face de la même étoile, et c'est là ce qu'on appelle une année.

Il est également facile de constater la durée d'un jour, il n'y a qu'à observer, avec soin, pendant la nuit, le moment où une étoile se lève à l'horizon, et attendre le moment où, la nuit suivante, la même étoile apparaîtra de nouveau ; ce sera exactement le temps que la terre met à tourner sur elle-même, et ce temps sera un jour ou 24 heures, ou 1,440 minutes, ou 86,400 secondes ; c'est là ce qu'on appelle un jour sidéral, qu'il faut bien distinguer du jour au soleil, dont la valeur est variable.

Il faut remarquer que ce mouvement de rotation de la terre est, à l'Équateur, de 9,000 lieues par jour, et que sur la latitude de Paris il est au moins de 4,500 lieues; ainsi donc, indépendamment du mouvement de translation qui nous emporte avec la terre dans son orbite, nous décrivons encore un cercle de 4,500 lieues tous les jours, et cela sans nous en apercevoir, car tous les objets qui nous environnent ne changent point de rapport avec nous ; et quant à ceux qui sont très-éloignés et, comparativement, très-petits, nous sommes très-déterminés à croire que ce sont eux qui se meuvent ; c'est ainsi, qu'enfermé dans une voiture rapide et douce, on a la conscience de son repos personnel, et l'on voit fuir en sens contraire les arbres de la route ; de là, cette grande et universelle erreur, qui a fait si longtemps considérer cette parcelle infiniment petite de matière que

nous appelons la terre comme le centre immobile de l'univers, tandis que le soleil, les planètes et les millions d'étoiles fixes, qui peuplent l'espace, devaient tourner autour de nous en 24 heures, pour éclairer nos jours et charmer nos nuits.

Les deux mouvements de la terre rendent très-aisément compte de l'année et du jour, mais il est beaucoup plus difficile et il serait beaucoup trop long d'expliquer ici en détail les causes de la succession des saisons; nous dirons seulement, en peu de mots, que l'axe de la terre étant fort oblique à l'écliptique, et cependant conservant toujours son parallélisme avec lui-même, chaque extrémité de cet axe est tantôt plus éloignée, tantôt plus rapprochée du soleil aux deux points opposés de l'orbite; par conséquent, les points situés entre l'Équateur et le pôle, sont tantôt très-obliquement frappés par les rayons du soleil, et tantôt plus ou moins perpendiculairement; le premier cas produit l'hiver, et le second cas l'été. Toutes les variétés du climat dépendent principalement de la situation des points de la terre plus ou moins près de l'Équateur ou des pôles. Il y a des deux côtés de l'Équateur deux bandes circulaires et limitées par deux cercles, qu'on nomme les Tropiques; ces bandes s'appellent les zones torrides, et pour tous les points de ces zones, il y a un jour de l'année où le soleil, à midi, frappe verticalement ses rayons sur le sol, de manière qu'on peut voir son image dans un puits. Au delà des Tropiques sont les zones tempérées où le soleil n'est jamais vertical, mais s'élève plus ou moins haut sur l'horizon, et, enfin, les cercles polaires qui sont presque complétement privés des influences de cet astre.

Parmi les planètes que nous avons étudiées, la terre est la première, en partant du soleil, qui présente un satellite, tandis que celles qui sont éloignées en ont un grand nombre, et même un anneau, comme Saturne; il semblerait donc que ces moyens accessoires d'être éclairés, ou ces espèces de lampes de nuit, seraient particulièrement destinées aux planètes qui ne peuvent recevoir

du soleil qu'une faible lumière; mais il faut se méfier beaucoup de ces sortes d'inductions, car il peut y avoir beaucoup d'autres raisons, pour que les planètes aient ou n'aient pas de satellites; quoi qu'il en soit, notre satellite porte le nom de Lune. C'est un petit corps arrondi, qui n'a que 782 lieues de diamètre, qui est placé à 86,000 lieues; c'est-à-dire à soixante fois la longueur d'un rayon terrestre.

Ce globe, que nous apercevons presque toujours, mais sous des aspects très-variés, est animé de trois mouvements divers: d'abord, il accompagne incessamment la terre dans son mouvement autour du soleil; ensuite, il décrit autour de la terre une ellipse presque parallèle à l'écliptique; enfin, il tourne sur lui-même autour d'un axe presque perpendiculaire à ce même écliptique, mais avec très-peu de vitesse, et de façon que la lune fait juste un tour sur elle-même pendant qu'elle fait le tour de la terre, ce qui est cause qu'elle nous présente toujours le même côté, et que nous ne connaissons de la lune que l'un de ses hémisphères. Il est facile de prévoir que la lune, d'après un mouvement de rotation si lent, n'a pas d'aplatissement vers les pôles, mais d'après la constance avec laquelle la même face est toujours tournée vers nous, on doit croire qu'elle présente une figure allongée dans la direction de l'attraction de la terre.

On peut mesurer le mouvement de la lune autour de la terre, en tenant compte des étoiles avec lesquelles elle se trouve en ligne droite ou, comme on dit, en conjonction, ou bien en tenant compte de sa conjonction par rapport au soleil; dans le premier cas, on trouve que le mois lunaire est à peu près de vingt-sept jours et demi, tandis que, par rapport au soleil, ce mois lunaire a deux jours de plus.

Comme la lune change continuellement de situation par rapport au soleil et à la terre, et comme la moitié de la lune est toujours nécessairement éclairée par le soleil, il s'ensuit que quand, par

rapport à nous, la lune est placée à l'opposé du soleil, il y a pleine lune, c'est-à-dire, que nous voyons tout son hémisphère éclairé; au contraire, quand la lune est presque entièrement placée entre le soleil et nous, nous ne voyons presque rien de sa partie éclairée ou tout au plus un mince croissant, c'est la nouvelle lune ; enfin, quand la lune est placée latéralement, soit d'un côté soit d'un autre de son orbite, nous voyons la moitié de sa moitié éclairée, c'est-à-dire un quart de sa surface, tout cela s'appelle les phases ou les quatre quartiers de la lune.

Il arrive, de temps en temps, et à des époques faciles à calculer exactement, que la lune se trouve juste entre le soleil et la terre. Il y a alors éclipse de soleil partielle, ou bien annulaire. Il arrive encore que la terre se trouve juste placée entre la lune et le soleil, de manière que la lune traverse ce long cône d'ombre que la terre laisse derrière elle dans l'espace, et pendant ce temps, il y a éclipse de lune, mais, comme on voit, d'une nature bien différente de l'éclipse de soleil.

Alors même que la lune est placée de façon que nous n'en voyons pas la partie éclairée, ou que nous n'en voyons qu'un faible croissant, le globe entier de la lune est cependant visible pour nous en vertu de ce qu'on a nommé la lumière cendrée; c'est à la terre que la lune doit cette lumière, car nous sommes pour elle une lune d'un diamètre quadruple de ce qu'elle est pour nous.

La lune n'a pas d'atmosphère et conséquemment point d'habitants, du moins de la nature de ceux que nous connaissons ; aussi sa surface est toujours nette et parfaitement visible, et les astronomes ont été à même d'en dresser des cartes très-exactes, et même de mesurer la hauteur de ses énormes montagnes, la profondeur et le diamètre des cratères de ses anciens volcans, qui, aujourd'hui sont tous éteints; car la lune est à présent un corps très-dense, sec et froid.

On attribue à la lune une multitude d'influences tout à fait

chimériques sur beaucoup de phénomènes qui se passent à la surface du globe.

Il y a surtout les influences des quartiers, mais si l'on remarque que chacun de ses quartiers dure sept jours, et que la plupart de ces influences s'exercent dans les deux ou trois jours qui précèdent ou qui suivent un quartier, il arrive que la coïncidence est presque immanquable.

Mais la lune, par opposition, produit sur la terre des phénomènes parfaitement réels et de la plus grande importance, que le vulgaire est loin de lui attribuer ; c'est son attraction, changeant à chaque instant de direction, qui soulève et laisse successivement retomber les flots de l'Océan, de manière à produire le phénomène des marées.

Il faut, Messieurs, tâcher maintenant de nous faire une idée de la constitution actuelle de la terre, de ce qu'elle a pu être dans l'origine et des transitions par lesquelles elle a dû passer pour arriver à son état présent. Dans ce moment, la terre est un globe sphéroïde et aplati aux pôles, sa surface est, pour les trois quarts, formée de liquide; l'autre quart, formé d'un terrain solide, constitue les continents et les îles ; la géographie classe et décrit ces différentes régions. Cette surface de la terre n'est pas lisse et unie; elle présente, au contraire, des enfoncements dans lesquelles les eaux sont déposées et qui ont jusqu'à 8,000 mètres de profondeur.

Les continents et les îles sont des parties solides plus élevées, qui ont surgi du sein des eaux, et enfin, sur ces parties solides, on observe des élévations quelquefois de 5 à 6,000 mètres, qu'on nomme montagnes, et qui, sur tous les continents, présentent des chaînes plus ou moins prolongées dans certaines directions déterminées.

Il ne faudrait pas croire que ces inégalités eussent la moindre importance, par rapport au volume total du globe ; qu'est-ce, en effet, qu'une montagne d'une lieue sur un globe dont le rayon

a 1,432 lieues. Cela peut à peine se comparer aux inégalités de la peau d'une orange; cependant, une montagne est pour nous un colosse, et nous sommes bien petits près du Cimboraço.

Que sommes-nous donc, Messieurs, matériellement parlant? un atome auprès d'une montagne, qui est un atome sur la terre, qui est un atome dans le système planétaire, qui, vu d'une étoile fixe, n'est lui-même qu'un point. Mais, que sont donc encore ces animaux, dont quelques milliards forment un pouce cube de tripoli.

Il paraîtrait à ces considérations que la matière est bien peu de chose, et que l'intelligence est tout.

Un des points les plus importants de l'existence actuelle du globe est sa température; car la chaleur est indispensable à la vie organique, et, au-dessous d'un certain degré de froid, il n'y a plus de végétaux, ni même d'animaux. La terre offre, dans tous les points de son étendue, une même température à une certaine profondeur. Dans les caves de l'Observatoire le thermomètre marque toute l'année 10 degrés au-dessus de zéro, c'est pourquoi, par comparaison, les caves profondes paraissent chaudes en hiver et fraîches en été.

Il paraît donc qu'il y a une certaine chaleur interne appartenant au globe; mais le globe reçoit, en outre, du soleil une chaleur très-variable, suivant les climats, les expositions, les époques de l'année, enfin, suivant l'absence ou la présence du soleil, c'est-à-dire la nuit ou le jour.

Ce qu'il y a de très-remarquable, c'est qu'en creusant profondément dans le sol, on trouve que la température s'élève dans toute les parties du monde et d'une manière à peu près régulière, et cela environ d'un degré pour 32 mètres, de sorte que l'on est déjà parvenu à des profondeurs où la température constante est de plus de 30 degrés.

En suivant par la pensée cette progression, on trouve qu'à cinq lieues de profondeur environ, il doit y avoir une tempéra-

ture capable de maintenir en fusion ignée tous les corps connus, même les plus réfractaires; ainsi nous vivons donc sur un globe en fusion, dont l'enveloppe figée présente une croûte assez solide, et dont la surface externe est assez refroidie pour présenter ces températures moyennes, qui, quoique variables par l'influence du soleil, sont arrivées à un état moyen stationnaire qui coïncide avec la nature et les besoins des êtres organisés qui habitent actuellement ce globe.

Il faut remarquer que les divers mouvements dont la terre est animée, et l'obliquité de l'axe de la terre, circonstance que nous avons relatée, sous le point de vue de la lumière, influent aussi considérablement sur la température superficielle du globe. D'abord la moitié de la terre seulement est frappée à la fois des rayons du soleil, et cette moitié est échauffée pendant que la moitié qui en est privée se refroidit. Dans les climats et dans les saisons où le jour est long et la nuit courte, la terre est plus échauffée que refroidie, et réciproquement; les régions équatoriales ou les zones torrides sont très-échauffées par les rayons perpendiculaires du soleil; les pôles, au contraire, n'en reçoivent presqu'aucune influence et sont éternellement glacés; mais une autre raison vient se joindre à ces diverses causes : les rayons du soleil ne produisant réellement de a chaleur que dans leur contact avec les corps solides ou liquides, il arrive que les points élevés dans l'atmosphère, comme les sommets des montagnes, sont beaucoup plus froids que les lieux profonds.

De cet ensemble de circonstances il résulte ce fait général, que, dans tous les points de la surface du globe, il y a un niveau qui se trouve toujours à zéro température. Vers les pôles, ce point est situé très-profondément dans le sol, la surface étant toujours à plusieurs degrés au-dessous de zéro. Dans les climats tempérés, ce point est situé à une certaine élévation dans l'atmosphère, et sous les zones torrides elles-mêmes on rencontre, à 4,000 mètres de hauteur environ, un point qui n'est jamais

plus chaud que zéro et qu'on appelle le niveau des neiges perpétuelles; puisque, en effet, à cette hauteur, la neige ne fond jamais complétement.

La population d'êtres organisés de tous genres, qui habite à présent le globe, offre des caractères et une distribution qui dépendent des lois que nous venons de poser.

Les végétaux cessent d'exister, soit en marchant vers les pôles, soit en s'élevant dans l'atmosphère au niveau des glaces perpétuelles; car l'organisation et la vie exigeant impérieusement le concours de liquides circulant dans des vaisseaux, et les végétaux ne produisant pas ou presque pas de chaleur par eux-mêmes, ils ne sauraient subsister là où l'eau est toujours solide : ces végétaux diffèrent beaucoup dans leurs caractères, suivant leurs situations relatives sur le globe; ceux des zones torrides sont gigantesques, puissants, et semblent animés de la plus grande activité vitale et reproductive; au contraire, en s'approchant des pôles et du sommet des montagnes, les végétaux perdent de leur grandeur et de leur activité; ils deviennent, chétifs, rabougris ; la plupart des espèces n'y peuvent déjà plus vivre, et l'on ne rencontre que des bruyères, des mousses et des lichens.

Les animaux n'éprouvent pas des différents climats une influence aussi absolue, car ils portent en eux-mêmes un foyer de production de chaleur dans leur respiration, et un moyen de refroidissement dans leur transpiration; c'est pourquoi l'aigle se rencontre au-dessus du niveau des glaces éternelles, et l'ours blanc jusqu'au voisinage du pôle. Il est remarquable, par exemple, que l'homme peut supporter des températures de 36 à 40 degrés au-dessous de zéro et de 50 à 60 au-dessus.

Néanmoins les animaux présentent dans leurs caractères des effets saillants de l'influence des climats qu'ils habitent. Les grands animaux, comme l'éléphant, le rhinocéros, le boa, etc., sont des habitants des climats chauds. Les espèces et les variétés se multiplient extraordinairement sous l'influence de la chaleur

et de l'humidité; tandis que dans les climats froids, les espèces sont peu nombreuses et très-spéciales.

Indépendamment des habitants de la terre, les fleuves et les mers sont peuplés d'une innombrable variété d'animaux qui ne respirent pas directement l'air atmosphérique comme les autres, mais qui subsistent aux dépens de la petite quantité d'air dissoute dans l'eau. La température et les climats exercent aussi une grande influence sur cette population; mais elle semble inverse de celle que nous avons signalée pour les animaux terrestres, et les plus grands habitants des eaux peuplent les mers polaires.

Tel est, en général, aujourd'hui l'état du globe, mais il faut remarquer que cette croûte d'environ cinq lieues d'épaisseur ne paraît pas encore arrivée à un état de parfaite solidité; elle craque et s'ébranle encore de temps à autre, et cela produit les tremblements de terre; elle se déforme même encore, à ce qu'il paraît, par des influences plus lentes, mais plus étendues, de sorte que des régions entières du globe se soulèvent en ce moment même et peu à peu, de manière à faire surgir de la mer des régions qui en étaient couvertes et à faire ainsi reculer les bornes de l'Océan. Les anneaux de fer qui servaient à amarrer les galères athéniennes dans le port du Pirée, se trouvent aujourd'hui dans les terres loin du rivage de la mer.

Il y a plus, cette croûte, en se formant, s'étant contractée ou resserrée sur elle-même, a dû comprimer de plus en plus la matière fondue qu'elle enveloppe; des soupiraux ou des orifices communiquant au dehors de la croûte solide, ont dû se former et ont en effet existé en très-grand nombre, quelques-uns sont encore ouverts et constituent les volcans. Il paraît, en outre, que les eaux de la mer ont pu souvent communiquer par quelques fissures entr'ouvertes jusqu'à la masse en fusion et qu'alors une immense quantité de vapeur, subitement produite, a donné lieu à des bouleversements partiels du globe ou à d'énormes irruptions volcaniques.

Malgré la grande difficulté et l'étendue du sujet, nous essayerons de jeter un coup d'œil rétrospectif sur les états antérieurs par lesquels notre globe terrestre a dû passer pour arriver à son état actuel.

Il est plus que probable que le globe a été tout entier dans un état de fusion ignée qu'il ne faut pas confondre avec ce qu'on appelle le feu ou la combustion; cette masse était seulement pénétrée d'une température capable de liquéfier les corps les plus réfractaires, comme une goutte de fer fondu qui sortirait d'un haut fourneau. Rien ne peut nous faire présumer la cause première de cette incandescence. Quoi qu'il en soit, Buffon a estimé que, pour arriver de cette température à celle d'aujourd'hui, le globe a dû employer 300,000 ans à se refroidir.

On conçoit facilement que lorsque le globe était dans une température propre à fondre le platine, une multitude de corps que nous connaissons maintenant sous forme solide ou liquide, comme le soufre, le phosphore, le plomb, le mercure et surtout l'eau, ne pouvaient exister qu'à l'état de vapeur et formaient autour du globe une immense atmosphère, qui devait s'étendre beaucoup plus loin que la lune actuelle.

Avec le temps le globe se refroidissant, sa surface a dû se figer et les substances les moins volatiles parmi celles qui l'entouraient à l'état de vapeur ont dû venir se condenser à sa surface; cette pellicule s'est, sans doute, mille fois brisée et reproduite; car l'attraction des autres corps planétaires, modifiant à chaque instant la forme sphéroïdale de la terre, cette croûte ne pouvait rester entière que quand elle serait devenue assez solide pour résister habituellement à ces causes de déformation.

Un degré de plus de refroidissement, et la masse d'eau en vapeur qui environnait la terre a dû venir se condenser en liquide et recouvrir toute sa surface, mais à la première nouvelle fracture, ces eaux en contact avec la matière fondue, se sont volatilisées de nouveau pour se condenser encore. Il est arrivé que les

fragments de la croûte déjà épaisse, se seront mal rejoints et quelque peu superposés, ce qui aura produit les chaînes de montagnes.

Encore un degré de refroidissement de plus, et les eaux seront restées d'une manière permanente à la surface de la terre, se vaporisant rapidement dans les régions profondes pour se condenser dans les régions élevées, il en a dû résulter d'immenses courants d'eau, qui ont attaqué, broyé les matières solides, pour en déposer les débris sur d'autres points du globe et former les immenses couches superposées, dont l'existence sert de base au système neptunien, tandis que les traces évidentes du feu et du soulèvement de ces couches elles-mêmes servent d'argument au plutonien.

Il est enfin venu une époque où la température, quoique très-élevée, était inférieure à 100 degrés, et où des êtres organisés ont pu habiter la surface du globe et l'intérieur des mers; ces êtres organisés n'existent plus, ils ont été détruits, et leurs restes enfouis par une révolution plus moderne de la terre, et leurs débris recouverts par les immenses couches de dépôts neptuniens. Ces anciens habitants de la terre, comme les habitants de la ville aux cent portes, ne nous ont laissé que leurs débris; mais cela a suffi au génie de Cuvier, pour les reconstituer presque tout entiers et même deviner leurs mœurs. Ce sont de gigantesques végétaux de la classe des monocotylédonés, des animaux de l'ordre des serpents et des lézards, c'est-à-dire à sang froid, de forme gigantesque et bizarre, des lézards volants de quarante pieds de long, avec une immense bouche armée de dents aiguës. Tout cela n'existe plus, mais présente encore quelques analogues dans les climats chauds et humides de la zone torride.

Il est très-probable qu'à cette période des âges du globe, l'atmosphère était composée tout autrement qu'aujourd'hui, elle contenait certainement beaucoup plus d'acide carbonique et

beaucoup moins d'oxygène; l'abondance de l'acide carbonique favorisait la grande puissance végétative, et les animaux étaient de ceux qui consomment très-peu d'oxygène. Les masses énormes de végétaux développés, puis enfouis dans la terre, ont enlevé à l'atmosphère une énorme quantité de carbone, en décomposant son acide carbonique, fixant dans leur tissu le carbone et dégageant l'oxygène; aussi, les nouvelles races qui sont venues peupler la surface renouvelée du globe, étaient des végétaux dicotylédonés, des quadrupèdes gigantesques, mais mammifères, des oiseaux, beaucoup moins d'ophydiens, mais pas encore une trace de l'espèce humaine.

Enfin, quelque nouveau cataclisme innondant encore une fois la surface du globe, les terres qui sont sorties de cette dernière inondation, se sont peuplées de ce que nous voyons aujourd'hui.

Ce tableau, tout raccourci et tout imparfait qu'il est, montre assez que ces idées ne sont pas le fruit de vaines imaginations, mais bien le résultat de profondes études faites, particulièrement depuis 50 ans, sur les couches successives qui composent le globe; sur l'antiquité de chacune d'elles, et sur les espèces d'êtres organisés dont elles présentent les débris.

Il résulte bien positivement de ces recherches que personne jusqu'ici n'a encore rien rencontré en fouillant les couches du globe qui ressemble à un squelette d'homme que l'on puisse qualifier, suivant l'expression reçue, d'Antédiluvien.

Les observations les plus minutieuses des phénomènes que présentent les couches postérieures à ce dernier déluge, n'en font pas remonter la date plus loin que 5 à 6,000 ans, et ne présentent conséquemment aucune contradiction avec les données fournies par la Genèse, quoi qu'aient pu dire des hommes prévenus et imparfaitement instruits dans ces matières difficiles.

Cette assertion sera jugée digne de foi par tout le monde, quand nous aurons dit que c'était l'opinion positive de Cuvier.

Mais, Messieurs, quelque répugnance que nous ayons à fa-

voriser la vanité humaine, qui s'est plu si longtemps à regarder notre petit globe comme le centre du monde, je ne puis m'empêcher de vous présenter ici une observation, qui résume tout ce que nous avons dit, et tendrait à nous faire croire que l'état présent du monde est en rapport direct et nécessaire avec l'existence de l'homme sur la terre.

Avant l'existence de l'homme, le globe a subi d'immenses modifications, peut-être même la direction de l'axe du globe a été changée; toutes les races existantes d'êtres organisés ont été successivement détruites et remplacées par d'autres, l'atmosphère a évidemment changé complétement de nature et surtout la température du globe a prodigieusement varié.

Depuis l'existence de l'homme, la partie solide de la terre paraît avoir pris une consistance et une figure tout à fait fixe; les tremblements de terre et les volcans ne sont plus que des accidents locaux et insignifiants pour l'ensemble du globe; l'axe de la terre se déplace, il est vrai, mais par un mouvement régulier qui le fera nécessairement revenir à sa position actuelle.

Toutes les races d'animaux et de végétaux existent et se perpétuent sans aucune cause apparente de destruction, excepté l'influence de l'homme lui-même, qui parvient à débarrasser la terre des races qui lui sont nuisibles et à multiplier et améliorer celles qui lui sont utiles. L'atmosphère possède une composition moyenne et constante, en telle sorte, qu'il y a justement assez de végétaux pour reproduire l'oxygène qui est absorbé par les animaux et converti par eux en acide carbonique.

La température du globe, cette cause première de tous les changements qu'il a pu subir, est devenue stationnaire, en sorte que les pertes que ce globe fait dans l'espace, sont exactement compensées par l'influence du soleil, et Laplace a démontré par des calculs irrécusables, que le globe ne s'est pas refroidi d'un degré depuis deux mille ans.

Enfin, Messieurs, la science profonde et l'excellence des in–

struments de nos astronomes, sont parvenus à démontrer que les perturbations sans nombre, dont les mouvements des astres sont affectés, et que Newton lui-même, croyait ne pouvoir jamais expliquer par l'attraction, ne sont que des conséquences rigoureuses de ce grand principe et se réduisent à des oscillations, qui finissent toujours, au bout d'un temps déterminé, par ramener le tout à une première position donnée.

Ainsi donc, et c'est une glorieuse pensée pour cet être si minime sous le point de vue matériel, si supérieur au reste de la nature par son intelligence, que d'entrevoir seulement comme une probabilité, que toutes ces immenses successions de troubles et de phénomènes aient eu pour objet de mettre l'ensemble de l'univers dans un accord parfait avec sa propre existence, ses facultés et ses besoins.

TROISIÈME LEÇON.

MESSIEURS,

Jusqu'ici tenant nos regards élevés vers le ciel, oubliant, en quelque sorte, ce qui se passe immédiatement autour de nous, nous avons essayé de vous raconter l'histoire de l'univers en général et du système planétaire en particulier; nous n'avions ni le temps ni la prétention de vous exposer tous les faits qui se passent dans cet univers, mais seulement de vous en citer un petit nombre tout à fait indispensable à l'intelligence et à la preuve des lois qui président aux mouvements des corps célestes.

Ceux qui auront pris quelqu'attrait pour ces sortes de connaissances, ou conçu quelque sentiment de leur utilité, pourront les étendre beaucoup en lisant le *Traité d'astronomie à l'usage des gens du monde,* du savant directeur de votre Observatoire, ou le petit ouvrage dernièrement publié par le capitaine Le Hon, sur l'*Astronomie*, la *Météorologie* et la *Géologie*.

Laissant donc, malgré nous, de côté cette brillante histoire de l'univers, abaissons nos regards sur ce qui existe et ce qui se passe autour de nous : ce sont des objets que l'on nomme ordinairement sublunaires, parce qu'ils se trouvent, en effet, entre la lune et la terre.

Quand un homme réfléchit et s'examine, il commence par acquérir le sentiment de sa propre existence, c'est ce qu'on nomme le moi individuel ; s'il essaye de faire quelques mouvements partiels ou généraux, il acquiert bientôt une seconde conviction, c'est qu'en dehors de lui, il existe d'autres êtres. Ces êtres étrangers au moi, sont ce qu'on appelle généralement des corps.

Presque toutes les vérités de sentiment sont peu susceptibles de définition ; aussi n'y a-t-il rien de si difficile que de définir les corps.—On définit les corps : tout ce qui est accessible aux sens. Quand on touche une table, quand on voit une lumière, quand on respire un parfum, quand on entend un son, quand on goûte une saveur, on conclut qu'il existe un corps qui est la cause d'une ou de plusieurs de ces sensations. C'est cependant là une définition très-sujette à objection ; à chaque instant les sens sont en contact avec les corps et n'en sont point affectés, et très-souvent aussi nous éprouvons des sensations très-positives en l'absence du corps qui semble les produire.

Nous ne sentons pas l'air qui nous entoure, nous ne le voyons pas ; il a fallu de savantes études pour constater son existence; et d'autre part, soit dans nos rêves, soit dans les hallucinations, une foule de corps nous semblent présents, quoique leur existence ne soit qu'une illusion.

Le célèbre Charles avait renvoyé dans un passage obscur, l'image de l'angle d'une table réfléchi par un miroir concave, en sorte que chacun se rangeait pour en éviter la rencontre : il n'y a pas, en réalité, de notions plus sujettes à erreur que celles qui nous viennent de nos sens ; et elles ont, à chaque instant, besoin d'être rectifiées par le raisonnement.

La lune nous paraît grande ; Jupiter nous paraît petit ; les étoiles fixes nous semblent tout près de nous; en un mot, la définition des corps est vicieuse, et pourtant nous la conserverons, faute d'une meilleure.

Lorsqu'avec quelqu'attention, l'on examine tous les corps qui

existent, et quelque différents qu'ils paraissent les uns des autres, ils présentent toujours certaines manières d'être qui leur sont communes; ce qui nous a conduit à penser qu'il y avait quelque chose qui composait tous les corps et qu'on a nommé matière. Ainsi les corps, c'est ce qui affecte les sens; la matière, c'est ce qui compose les corps.

Il faut convenir que tout cela est parfaitement obscur et fort éloigné d'une logique sévère. Il est bien positif que quand nous posons le doigt sur une table, nous éprouvons une sensation, et c'est la cause de cette sensation que nous nommons corps ou matière. Quant à l'existence du moi, elle est certaine; quant à l'existence de la sensation, elle est également évidente; mais l'existence du corps ou de la matière, ce n'est autre chose qu'une supposition théorique, c'est-à-dire, une manière comme une autre de nous rendre compte de ce que nous éprouvons; les hommes sont malheureusement obligés de se livrer ainsi à de fréquentes suppositions pour se rendre compte des phénomènes naturels; mais il est curieux que l'existence même de la matière doive être réellement mise au nombre de ces suppositions.

Quoi qu'il en soit, l'existence de la matière étant admise, on lui reconnaît quatre manières d'être que l'on nomme encore propriétés générales de la matière; cela veut dire que quel que soit le corps que l'on examine, qu'il soit solide, liquide ou gazeux, que ce soit du plomb, de l'eau ou de l'air, on trouvera toujours à ce corps ces quatre propriétés qui forment une *constante* dans tous les corps, nonobstant toutes les propriétés particulières que les différentes sortes de corps peuvent présenter.

Les quatre propriétés générales de la matière sont : l'*étendue*, la *mobilité*, la *divisibilité* et l'*impénétrabilité*.

L'étendue est cette propriété de la matière en vertu de laquelle elle occupe une partie de l'espace; pour les géomètres, cette étendue n'est, comme nous l'avons dit, qu'une abstraction, mais pour les physiciens, c'est autre chose, c'est bien l'étendue

abstraite, mais de plus, occupée et remplie par la matière : il est impossible de se représenter une quantité quelconque de matière, si minime qu'elle soit, un corps si petit qu'on veuille l'imaginer, sans que ce corps ait nécessairement une longueur, une largeur et une épaisseur.

Ces trois dimensions constituent le volume de la matière. Pour le géomètre, ce volume existerait encore quand on ferait abstraction de la matière elle-même, mais ce qui intéresse le physicien, c'est d'examiner comment la matière remplit le volume qu'elle occupe.

On observe qu'un même volume, occupé par différentes sortes de matières, n'en est certainement pas rempli de la même manière; par exemple, un décimètre cube d'or pèsera 19 kilog., un décimètre de fer, 7 kilog. 1/2, un décimètre cube d'eau, exactement un kilog., un décimètre cube de liége, moins d'un demi kilogramme.

A quoi peuvent tenir ces différences? Il est bien certain que toutes les molécules de la matière sont également attirées par la terre, le poids n'est autre chose que l'expression de cette attraction de la terre; il faut donc absolument que dans le cube d'or, il y ait dix-neuf fois plus de molécules matérielles que dans le cube d'eau.

Comme tous les corps présentent des poids différents sous un même volume, on a nommé ces rapports *densité des corps;* ainsi, l'or est plus dense que l'eau, l'eau plus dense que le liége. On est convenu de comparer toutes ces densités diverses à la densité de l'eau prise pour unité, et cela s'appelle *poids spécifique,* parce qu'en effet, c'est une propriété très-constante et très-caractéristique de tous les corps de peser un certain poids sous un certain volume.

D'après ce que nous venons de dire, il est évident que la matière ne remplit pas également les espaces qu'elle occupe, puisque dans un cube d'eau, il pourrait entrer dix-neuf fois plus de mo-

lécules d'or, il y a donc des vides entre les molécules de l'eau, du liége ou du fer; ces vides s'appellent des *pores*, et l'on dit que les corps sont *poreux*.

Il y a plus, si l'on prend un décimètre cube de platine, le plus dense de tous les corps connus, dont le poids spécifique est 21, et si on le refroidit, on trouvera que ses dimensions ont diminué pendant que son poids est resté le même, les molécules qui le composent se sont donc rapprochées, et, en conséquence, elles ne se touchaient pas auparavant; or, comme on peut en dire autant de tous les corps connus, on dit que la *porosité* est une des propriétés générales de la matière.

Il est d'ailleurs très-facile de constater qu'une goutte d'eau pénètre et s'insinue dans un morceau de craie; qu'une goutte d'huile entre dans le marbre; qu'une goutte de mercure disparaît dans la masse d'un morceau d'or.

Rigoureusement parlant, on voit bien que ce n'est pas la matière elle-même qui est poreuse, mais que ce sont les corps, en sorte que la *porosité* n'est qu'une circonstance de l'étendue, mais non pas réellement une propriété de la matière.

La seconde propriété de la matière est la mobilité, et en effet, il n'y a pas une quantité de matière existante dans un lieu donné qui ne puisse être transportée dans un autre lieu.

Gardez-vous, Messieurs, de confondre la mobilité avec la faculté de se mouvoir, la mobilité, c'est la faculté *d'être mû*, une disposition à obéir à une impulsion, à céder à une puissance qui pousse ou qui presse la matière, la fait sortir du lieu qu'elle occupait et la transporte dans un autre; quant à la matière en elle-même, elle ne saurait se mouvoir, en un mot, c'est l'expression reçue, elle est *inerte*.

De ce que la matière ne saurait se mouvoir par elle-même et obéit toujours aux impulsions qu'elle reçoit, il s'ensuit que, quand elle est en mouvement, elle ne saurait s'arrêter d'elle-même, car il faudrait qu'elle possédât une puissance intrinsèque

capable de détruire les effets de la force qui a produit le mouvement; ainsi, l'inertie de la matière consiste non-seulement à ne pas se mouvoir, mais encore dans l'impuissance de s'arrêter.

On conçoit aisément que la matière peut être mue vite ou doucement, dans un sens ou dans un autre; c'est ce que nous examinerons plus tard.

La troisième propriété de la matière est la *divisibilité;* on pourrait dire que ce n'est qu'une conséquence de l'étendue, car le fait même d'une étendue quelconque comporte l'idée d'une division par deux, par quatre, par huit, etc.; c'est pourquoi on a souvent dit que la matière était divisible à l'infini, parce qu'on ne peut pas concevoir une particule quelconque, sans admettre qu'elle ait deux moitiés.

Ces idées de divisibilité à l'infini, nous ne les admettons pas plus que nous n'avons admis l'idée de l'infini dans l'autre sens, nous nous contenterons donc de dire que la matière est divisible à un dégré indéfini.

La divisibilité très-considérable de la matière est prouvée par une multitude de faits vulgaires: on peut dorer un cylindre d'argent avec une once d'or dont le volume égale à peine le bout du doigt, on peut passer ce cylindre à la filière et obtenir un fil de 444,000 mètres de longueur; ce fil peut être aplati en le laminant, et coupé en deux sur sa largeur; chaque mètre de longueur peut être divisé en mille parties très-visibles à l'œil nu; ces petites particules sont dorées sur leurs deux faces, et cela constitue plus de deux billions de parties visibles à l'œil nu et qu'il ne serait pas impossible de partager chacune en cent parties visibles au microscope.

Un minéralogiste allemand a dernièrement découvert que le tripoli, dont on se sert pour polir les métaux, est tout entier formé des carapaces d'une espèce particulière de crustacés qui sont assez petits pour qu'on en distingue plusieurs milliers dans le

volume d'une tête d'épingle. Ces animaux ont vécu, ils étaient composés de nombreux organes distincts; ils avaient, sans doute, un fluide commun, ou une sorte de sang; un globule du sang d'un homme n'a qu'un 300e de millimètre de diamètre; quel peut être le diamètre des globules du sang des crustacés du tripoli?

Certainement, la matière est divisible à un degré prodigieux, dont nous ne connaissons pas la limite; mais ce qu'il y a de très-remarquable, et ce que Newton avait déjà indiqué, c'est que ces particules si petites sont parfaitement indestructibles et inaltérables; on peut prendre une petite quantité de carbone et la faire entrer dans toutes sortes de combinaisons; combinée avec de l'oxygène, elle pourra devenir de l'acide carbonique; réunie à de l'hydrogène, à de l'oxygène et à de l'azote, elle pourra faire partie des organes d'un animal, mais quelque soit la variété des corps dans la composition desquels elle aura pu entrer, la quantité de ce carbone restera toujours la même, et quand on l'aura isolé de nouveau, on le retrouvera avec la totalité de ses propriétés et de ses caractères; c'est même sur ce principe que sont fondées les analyses chimiques, et il n'y a pas au monde une puissance quelconque qui soit capable d'anéantir une particule de carbone, ni même de modifier le moins du monde une de ses propriétés, aussi Newton disait-il, que le Créateur semblait avoir composé l'univers de molécules indestructibles et inaltérables servant de centre ou de pivot aux innombrables propriétés diverses que présentent les corps.

Il y a beaucoup de choses que nous ne savons pas, et beaucoup de choses que nous savons, mais dans le détail desquelles je ne puis pas entrer, relativement à ce qu'on a nommé les atomes ou les dernières parties des corps; ce sont des considérations qui appartiennent spécialement à la haute chimie.

La quatrième propriété de la matière, est *l'impénétrabilité*, c'est la plus importante, car elle suffit à elle seule pour caracté-

riser la matière, et d'habiles physiciens ont dit la matière *c'est ce qui résiste.*

On entend par impénétrabilité, cette propriété en vertu de laquelle la matière qui occupe un espace, s'oppose absolument à ce qu'une autre matière vienne occuper la même place. Cette propriété, qui paraît si évidente quand une bille d'ivoire, par exemple, vient en frapper une autre et la chasse de sa place, est, dans beaucoup de cas, obscure et douteuse en apparence. L'eau, disions-nous tout à l'heure, pénètre la craie, mais ce n'est qu'une illusion; l'eau s'insinue dans les pores de la craie, entre les molécules de la matière, mais il n'y a pas une molécule d'eau qui puisse aller occuper la même place qu'une molécule de craie; ce sont les corps qui sont *poreux* et *pénétrables,* mais la matière elle-même est *impénétrable.*

Une pièce où nous habitons est toute pleine d'air atmosphérique, cependant nous pouvons y mouvoir librement notre main, il semble donc que l'air soit très-facilement pénétrable, c'est encore une illusion; l'air se déplace devant la main qui s'avance, il quitte un lieu pour en occuper un autre, c'est une preuve de sa mobilité, mais si l'on prend une cloche de cristal, qu'on la renverse sur l'eau et qu'on l'y plonge, l'eau n'entrera pas dans la cloche, parce que l'air en occupe la capacité.

On faisait dans l'ancienne méthode scolastique un assez joli raisonnement pour prouver l'impénétrabilité de la matière, si, disait-on, la matière était pénétrable, en prenant un cube et le coupant en deux, on pourrait faire rentrer les deux moitiés l'une dans l'autre; il en serait de même des deux quarts restants et en continuant ainsi, le cube serait réduit à un point mathématique; on pourrait en dire autant de tous les corps sublunaires, des planètes et de toutes les étoiles fixes, donc, si la matière était pénétrable, tout l'univers pourrait être réduit à un point mathématique, ce qui est absurde; donc la matière est impénétrable.

Nous citons quelquefois ces sortes de raisonnements, pour

faire comprendre l'immense différence qui existe entre l'esprit, qui présidait, jadis, à la culture des sciences et celui qui la dirige aujourd'hui.

Vous voyez donc, Messieurs, ce que c'est que la matière, mais nous n'avons jamais affaire à elle dans cet état d'abstraction, et toujours nous la considérons dans certaines agglomérations de particules matérielles que l'on appelle des *corps*; ces corps jouissent bien des quatre propriétés générales de la matière, mais en outre, ils possèdent toujours simultanément, des propriétés particulières; ils sont durs, mous, solides, liquides, élastiques, rouges, verts, etc.

Les corps sont le véritable sujet de nos études, mais on peut les considérer sous des points de vue très-différents les uns des autres; le naturaliste ne s'en occupe guère que dans le but de les classer, de les arranger méthodiquement, dans un système de *minéralogie*, de *botanique* ou de *zoologie*. Ce minéral est un *quartz*, cette belle fleur est une *liliacée*, cet animal est un *ophidien*.

Si le chimiste vient à s'emparer de ces corps, il va plus loin, il s'inquiète peu de la forme extérieure, il veut savoir si ce corps est simple ou composé, s'il est formé d'hydrogène, de carbone et d'azote; il réduira ce corps en poudre, il le chauffera, le fondra, le soumettra à l'action de tous les corps connus, il faudra qu'il en vienne à son honneur, il détruira le corps, mais il vous prouvera qu'il est exactement composé de tant d'hydrogène, de tant de carbone, etc.; cela s'appelle une analyse, mais quelquefois la synthèse est impossible, et le chimiste ne sait pas refaire ce qu'il a détruit; c'est ce qui arrive le plus ordinairement pour les produits qui sont tirés des corps organiques et vivants.

Le physicien se place entre ces deux extrêmes; il observe les corps en eux-mêmes, en prenant bien garde de les altérer ni de les détuire, car ce qu'il veut connaître, ce sont les propriétés particulières que ces corps possèdent dans l'état où la nature les

offre à son observation; il veut savoir quelle est la *densité* d'un corps, s'il est *opaque* ou *transparent*, comment il se comporte avec la chaleur, la lumière ou l'électricité, s'il est élastique, etc., etc.; on voit que le physicien s'occupe surtout des phénomènes et des propriétés accessibles aux sens, que les corps naturels peuvent lui offrir; il arrive même, que des groupes entiers de corps peuvent être étudiés par lui simultanément, et sur un seul de ces corps pris pour exemple; c'est ainsi que tous les fluides élastiques, ne diffèrent, en quelque sorte, pour lui que sous le point de vue de leur poids spécifique, et qu'il apprend à connaître toutes leurs propriétés en étudiant celles de l'air atmosphérique.

Le physicien divise tous les corps d'après les vues que nous venons d'exposer, en corps bruts ou inorganiques et en corps organisés.

Les caractères des corps bruts sont : de posséder toute l'inertie de la matière, de ne jamais changer de lieu, de forme, de volume ou de nature, sans l'influence d'un agent extérieur.

Les corps bruts sont susceptibles d'accroissement, mais seulement par l'extérieur ou par superposition, comme un cube de sel marin qui grossit dans une dissolution saturée de ce sel.

Les corps bruts, quand ils sont solides, ont toujours des formes géométriques terminées par des surfaces planes et des lignes droites, quand leurs molécules n'ont point été troublées dans leur arrangement; quand ils sont fluides, ils prennent toujours d'eux-mêmes la forme sphérique.

Par opposition aux corps bruts, les corps organiques ne restent jamais un moment dans le même état, soit qu'on les trouve doués, comme les animaux, d'une locomotion complète, soit que comme les végétaux, ils restent attachés au sol; il y a en eux, une puissance active qui remue, qui modifie la matière qui les compose, ils ont besoin de recevoir à chaque instant des molécules nouvelles, et d'en perdre d'une autre part, cette plante

sera fanée demain, si on ne l'arrose pas; si on l'arrose, elle aura grandi.

Les corps organiques sont tous nécessairement composés de parties solides et de liquides, qui circulent dans leur intérieur; ces deux éléments varient considérablement dans leur proportion et portent leur influence sur les formes extérieures.

L'Idatide, presque entièrement formée de liquides, est sphérique comme eux; le tronc du chêne est rectiligne dans un sens et circulaire dans l'autre, car la forme cylindrique, c'est la trace d'un globule sphérique qui se meut dans un vaisseau.

Les êtres organiques ont un commencement, une naissance; ils offrent un développement progressif, qui a lieu par l'intérieur ou par intussusception; ils présentent pendant un certain temps, une certaine série de phénomènes qui constituent leur existence, et puis après, tout cela cesse et l'être organisé meurt.

En un mot, on peut distinguer les corps bruts des corps organisés par cette simple expression : les corps bruts *existent,* les corps organisés *vivent.*

Les corps bruts sont principalement du ressort de la physique; les corps organisés appartiennent aux sciences physiologiques, infiniment plus difficiles et beaucoup moins avancées que les autres branches des sciences naturelles, mais qui présentent un intérêt d'autant plus puissant, que la vie de l'homme lui-même fait partie de leur domaine.

Le physicien distingue les corps bruts en trois grandes classes : les corps solides, les corps liquides et les fluides élastiques.

Les corps solides sont caractérisés par cette circonstance particulière, que leurs molécules sont réciproquement fixées les unes près des autres, et ne peuvent être déplacées ou séparées, qu'en employant une force notable et souvent très-considérable; c'est ainsi qu'un petit cube d'or ne peut être réduit en feuilles minces, comme celles qu'on emploie pour la dorure sur bois, qu'au moyen des percussions répétées d'un très-lourd marteau;

la solidité est très-variable dans les différents corps, depuis ceux qu'on appelle mous comme cire, qui se laisse déprimer sous le doigt, jusqu'au diamant, qui présente le maximum de la dureté.

Cette fixité des particules, les unes par rapport aux autres, est cause qu'ils ont toujours une forme et des dimensions déterminées; lorsque cette forme est géométrique et régulière, on les appelle *cristaux* ou corps *cristallisés;* lorsque leur forme ne se rapporte à aucune figure géométrique, on les appelle *amorphes;* il paraît certain que tous les corps solides prennent naturellement des formes régulières, quand rien ne trouble l'arrangement spontané de leurs particules; ainsi, le sulfate de soude cristallise dans sa dissolution abandonnée au repos, en beaux prismes transparents terminés par des pyramides; mais si la solution est fortement agitée, le même sel se déposera en une poudre informe.

Je suis forcé de convenir avec vous qu'il n'existe aucune théorie bien satisfaisante de la solidité ; il est bien certain que l'attraction tend à rapprocher les molécules; mais, comme on est obligé d'admettre qu'elles ne se touchent pas, on ne voit pas bien ce qui les empêche de rouler les unes sur les autres.

Un corps *liquide* est constitué d'une toute autre manière que le corps solide; ses molécules sont bien retenues les unes auprès des autres par une certaine force d'attraction qui est très-notable, et que l'on peut mesurer exactement par des procédés appropriés ; mais, malgré cette attraction, les molécules demeurent parfaitement libres de se mouvoir les unes sur les autres, comme pourraient faire deux billes d'ivoire, sans que, pour cela, leurs deux centres s'écartent en aucune façon l'une de l'autre.

Les molécules des corps liquides sont donc éminemment mobiles ; d'où vient que ces sortes de corps s'écoulent dans des tuyaux, et s'échappent aisément par les plus petits orifices.

L'attraction réciproque des molécules liquides est nécessaire-

ment égale pour toutes ; d'où il suit qu'elle tend à donner à la masse fluide une figure sphérique : c'est ce qui arrive, en effet, pour tout liquide abandonné à ses propres forces. On fabrique le plomb de chasse en versant du plomb fondu dans un tamis de fer qui tourne continuellement, et laissant tomber ces petites gouttes de plomb du sommet d'une tour, dans un vase plein d'eau froide; chaque gouttelette de métal affecte, en tombant, une forme sphérique régulière ; elle se fige en route, et c'est pour éviter sa déformation par le choc, qu'on la reçoit dans de l'eau.

La terre, elle-même, est un grand exemple de la tendance des liquides à affecter la forme sphérique, puisque la surface des mers présente partout une courbe de cette nature.

Mais quand les liquides sont contenus dans des vases, la pesanteur des molécules les oblige à se mouler exactement, suivant la forme du vase ; il n'y a que leur surface libre qui est ce qu'on appelle horizontale, qui nous paraît tout à fait plane, mais qui, dans la réalité, fait partie d'une sphère dont le rayon a 1,432 lieues.

Dans les deux espèces de corps que nous avons considérés jusqu'ici, l'attraction joue un rôle très-important ; dans les solides, elle retient les molécules, non-seulement près les unes des autres, mais dans une situation fixe; dans les liquides, elle retient encore ces molécules près les unes des autres, mais il n'y a plus de situation fixe.

Enfin, dans les corps que l'on appelle, en général, *fluides élastiques*, l'attraction ne joue plus aucun rôle, et les molécules de ces corps sont abandonnées complétement à une certaine force de répulsion dont nous traiterons plus tard, et qui est attribuée au calorique.

Vous vous rappelez, en effet, Messieurs, des lois de l'attraction ; nous avons établi qu'elle est proportionnelle aux masses, et qu'elle s'exerce en raison inverse du carré des distances : or, les molécules des gaz ont des masses très-petites, et leurs molé-

cules sont relativement très-écartées ; car l'air, par exemple, est 800 fois moins dense que l'eau ; ses molécules sont donc 800 fois plus loin les unes des autres, le carré de 800 est 640,000; ainsi l'attraction entre les molécules d'air doit être 640,000 fois plus faible qu'entre les molécules de l'eau, c'est-à-dire, sensiblement nulle.

Il résulte de cette constitution des fluides élastiques, que leurs molécules tendent incessamment à s'écarter les unes des autres, et qu'ainsi un pareil corps n'est jamais contenu dans un vase, sans le remplir en totalité et même presser ses parois de dedans en dehors, comme pour l'agrandir.

On voit que, si à la surface de la terre il n'y avait partout et dans tous les sens, une certaine pression uniforme produite par l'atmosphère elle-même, nous ne connaîtrions pas les fluides élastiques; si nous pouvions en produire une certaine quantité, un mètre cube, par exemple, ce mètre cube s'en irait, se dilatant toujours, jusqu'à ce qu'il eût rempli tout l'espace qu'occupe actuellement notre atmosphère.

Une conséquence directe de cet état de répulsion des molécules des fluides élastiques, c'est que ces sortes de corps n'ont ni volume, ni figure à eux; leur volume dépend du degré de pression qu'ils supportent actuellement; leur figure est toujours exactement celle du vase qui les contient.

On divise ces fluides élastiques en trois classes. La première classe comprend les fluides élastiques qui n'ont jamais pu être ramenés à l'état liquide ou solide, nous n'en connaissons que trois, l'oxygène, l'hydrogène et l'azote ; on les appelle gaz permanents.

Il existe un certain nombre d'autres gaz, tels que, l'acide carbonique, l'acide sulphureux, le gaz ammoniaque, le chlore, etc., que l'on nomme aussi des gaz, et qui ont été longtemps considérés comme permanents ; mais que, depuis quelques années, et à l'aide des moyens perfectionnés de la physique et de la chi-

mie, on a réussi à réduire à l'état liquide et même à l'état solide; c'est, en général, à l'aide d'une puissante compression et d'un grand refroidissement que l'on est parvenu à condenser ces gaz, qui ont pris le nom de gaz *non* permanents. Il est très-probable que les gaz permanents, oxygène, hydrogène et azote, cesseraient de l'être, si nous pouvions les comprimer et les refroidir à un degré suffisant.

La troisième classe de fluides élastiques porte le nom de *vapeurs*; ces vapeurs proviennent de certains corps qui sont solides ou liquides aux températures ordinaires du globe, mais qui entrent en ébullition et se vaporisent quand on élève leur température jusqu'à un certain degré; c'est ainsi que l'eau, qui est liquide à 15 degrés de température, se réduit en vapeur aussitôt qu'elle est chauffée à 100 degrés sous la pression ordinaire de l'atmosphère.

Ainsi les vapeurs sont des fluides élastiques qui ne peuvent conserver cet état qu'à certaines températures, sous certaines pressions, et qui se condensent immédiatement, dès qu'on abaisse la température et qu'on diminue la pression.

En y réfléchissant, on voit que c'est exactement la même chose que pour les gaz non permanents; l'acide carbonique est un corps solide ou liquide, à 15 degrés au-dessous de zéro et sous l'atmosphère; si on le chauffe un peu et qu'on diminue la pression, il devient gazeux; l'eau est un corps liquide à 99 degrés au-dessus de zéro, sous une atmosphère de pression; elle devient gazeuse si l'on augmente un peu la température et qu'on diminue la pression. Il n'y a nulle différence entre les deux cas, si ce n'est que les pressions ou les températures sont rares et difficiles à obtenir pour l'acide carbonique et qu'elles sont vulgaires et habituelles pour l'eau.

Indépendamment des corps, que nous venons de classer, les savants ont été conduits, pour l'intelligence des phénomènes naturels, à admettre l'existence de certains êtres que l'on

pourrait regarder comme intermédiaires entre les corps proprement dits, et ce que nous connaîtrons sous le nom de force.

Ces êtres, ces agents, ces causes supposées pour l'intelligence des phénomènes, portent, en général, le nom de *fluides impondérables;* tels sont le colorique, la lumière et l'électricité.

Quand nous nous sommes rendus compte des phénomènes célestes, nous nous sommes expliqués comment la terre ne se précipitait pas sur le soleil, en admettant que cette terre avait reçu dans l'origine des temps, une impulsion suivant la tengente de son orbite, mais entre les corps sublunaires, nous n'avons pas la même ressource, et l'on ne voit pas pourquoi l'attraction ne porterait pas tous les corps à se réunir pour ne former qu'une masse d'une densité indéfinie; il y a, d'ailleurs, dans la nature des corps qui nous affectent par des sensations de froid et de chaud, que l'attraction ne saurait expliquer; c'est pour obvier à l'intelligence de tous ces faits que, de tout temps, on a imaginé l'existence du *feu*, de la *matière du feu*, et dans ces derniers temps de ce qu'on a nommé le *calorique*.

D'une autre part, il est évident que nous avons conscience non-seulement de l'existence de beaucoup de corps, mais encore de leur forme, de leur couleur, de leur distance, etc.; quoique ces corps soient placés très-loin de nous, pour expliquer ces admirables phénomènes, on a admis l'existence d'un second fluide impondérable, qu'on a appelé *lumière*.

Enfin, nous aurons l'occasion de vous montrer un certain nombre de phénomènes d'attraction, de répulsion d'inflammation, d'explosion, de décomposition des corps, qu'il serait impossible de comprendre, tout en admettant l'attraction, le calorique et la lumière. Mais, ces phénomènes s'expliquent, en admettant l'existence d'un troisième fluide impondérable, que l'on nomme électricité.

Je suis loin de vous garantir, Messieurs, que ce soit là de véritables corps; on les appelle fluides, parce qu'ils s'insinuent

partout ; on les appelle impondérables, parce qu'on n'a jamais pu les peser, mais dans le fait ce sont de véritables suppositions à l'aide desquelles nous avons construit des systèmes qui semblent expliquer les phénomènes naturels.

Le doute que nous élevons ici, n'empêche pas ces suppositions d'être fort utiles à la science ; car, lors même qu'elles seraient fausses, elles auraient encore le grand mérite de faciliter l'étude et la recherche des phénomènes naturels ; de fixer les résultats dans notre mémoire et de nous encourager au travail, en satisfaisant, pour le moment, ce désir de tout expliquer, qui est de l'essence de l'esprit humain.

Nous venons d'exposer et de classer tout ce que la nature nous offre de matériel ou corporel ; mais, a-t-il dans la nature que des corps? cela pourrait être vrai si tous les corps demeuraient immobiles ; si leur état et leur arrangement était invariable, or, il en est tout autrement ; quel que soit le corps parmi ceux dont nous avons parlé, il ne tarde pas, quand on l'observe, à présenter quelques changements ; les étoiles fixes scintillent, le soleil se lève et se couche, l'eau coule dans nos rivières, le vent souffle dans nos forêts, l'eau bout sur le feu, l'éclair brille et le tonnerre éclate. Ces mille changements, que la matière ou les corps éprouvent incessamment autour de nous, sont ce que les physiciens appellent des *phénomènes,* n'entendant cependant par là, rien d'extraordinaire, mais toute espèce de changement que présente les corps.

Quand on observe avec attention un de ces phénomènes, on parvient toujours à s'apercevoir qu'il consiste en un mouvement ; que ce mouvement appartienne à une grande masse comme dans la rotation de la terre ; qu'il soit moléculaire comme dans la vibration d'une corde ; qu'il soit même très-difficile à apprécier comme dans la transmission du son ou de la lumière, il n'en est pas moins constant que tous les phénomènes ou changements, que présentent les corps naturels, ont pour

principe un mouvement ou un déplacement de la matière. Mais, comme nous avons posé en principe, que la matière est inerte, et, qu'en effet, sans l'adoption de ce principe, il n'existerait pas de science physique, nous sommes invinciblement conduits, en reconnaissant le mouvement, à lui supposer des causes, et ces causes sont ce que l'on nomme *forces* ou *puissances*.

Il faut donc admettre, dans la nature, des corps, des mouvemements et des forces.

Le mouvement, considéré en lui-même, est soumis à certaines lois qu'il est fort important de connaître ; il en est de même des forces considérées aussi d'une manière générale ; nous devons donc étudier successivement le mouvement en général, et les lois de l'application des forces.

Nous avons dit que le mouvement était le changement de lieu d'un corps dans l'espace, et que ce changement pouvait être lent ou rapide ; mais il faut remarquer que nous ne pouvons nous faire aucune idée du mouvement dans un sens absolu, supposant, par exemple, que tout l'univers visible, se mut actuellement dans l'espace indéfini avec une grande vitesse, nous n'en saurions absolument rien, nous ne saurions nous en apercevoir, car l'espace vide ne présente rien, aucun jalon, aucun point de repère qui puisse nous faire juger de la réalité de ce mouvement, et dans le fait, nous ne nous apercevons qu'un corps se meut, que parce qu'il change de rapport avec d'autres corps qui sont immobiles ou qui se meuvent autrement.

Le vaisseau, dans la pleine mer, paraît immobile, près du rivage on juge de la réalité de son mouvement.

Cette sorte de déplacement d'un corps, par rapport à d'autres, se nomme mouvement relatif. C'est ainsi qu'un homme qui se promène sur le pont d'un vaisseau, est animé d'un *mouvement relatif*, par rapport aux différents points de ce bâtiment, s'approchant ou s'éloignant alternativement de la poupe ou de la proue.

Il peut arriver que plusieurs corps ou tout un système de corps se meuvent simultanément avec une même vitesse et dans une même direction ; on dit alors que ces corps sont animés d'un *mouvement commun ;* tels sont les différentes parties d'un bateau qui suit le cours d'un fleuve.

Ces notions sont si vulgaires et l'observation en est si facile qu'il semble superflu de s'y arrêter, et, cependant, les considérations relatives au *mouvement commun* et au *mouvement propre* sont de la plus haute importance ; et d'abord, un fait remarquable, c'est que ces mouvements n'exercent absolument aucune influence sur les mouvements propres. Je m'explique : supposons qu'un bateau descende le cours d'un fleuve en marchant suivant sa longueur, et qu'un homme, muni de pistolets, tire sur une cible, d'un bout à l'autre du bateau, cet homme atteindra le but avec autant d'exactitude et de facilité que s'il était placé à terre ; si pendant cet exercice le bateau vient à tourner sur lui-même, et qu'il se place en travers pour descendre le fleuve, cette nouvelle direction du mouvement commun ne changera absolument rien à la marche et à la direction des balles du tireur.

Cette loi de la mécanique est d'une bien grande importance, car nous sommes incessamment entraînés avec la terre dans deux mouvements communs ; l'un autour du soleil et l'autre autour de l'axe du globe, et si ces mouvements exerçaient la moindre influence sur tous nos mouvements propres, il en résulterait un immense désordre, tandis qu'au contraire, pour toutes les actions mécaniques que nous pouvons exercer ou produire, les deux mouvements de la terre sont absolument comme s'ils n'existaient pas.

On conçoit qu'il faut distinguer aussi le repos *absolu* du repos *relatif ;* il est probable que le repos absolu n'existe pas dans l'univers, et que nous ne connaissons que le repos relatif ; ainsi, un homme couché dans son lit, est bien loin d'être en repos, puis qu'il obéit aux deux rapides mouvements du globe, mais

il est dans un repos relatif; car il ne change de rapports ni avec son lit, ni avec sa chambre, ni avec sa maison, ni même avec aucune des parties de la terre; l'homme assis dans un bateau est dans le même cas. Nous ferons remarquer ici à combien d'erreurs, plus extraordinaires les unes que les autres, peuvent donner lieu les idées que nous nous faisons du repos ou du mouvement relatif ou absolu. Ces erreurs dépendent toutes du même principe.

1° Nous acquérons la conscience de l'état de repos, quand nous ne changeons pas de rapport avec les objets qui nous entourent jusqu'à une certaine distance; l'homme enfermé dans une voiture, voit fuir les arbres de la route; l'homme placé dans un bateau voit fuir le rivage; l'un et l'autre ont la conscience de leur repos; les rapports changent, il faut donc que ce soient les arbres ou le rivage qui marchent : ce principe est la source de cette immense erreur qui a si longtemps fait croire que tous les astres tournaient autour de la terre. Comment un homme, en effet, demeurant immobile au milieu de tous les objets qui l'entourent, pourrait-il acquérir spontanément l'idée qu'il se meut? il est bien plus naturel de penser que ces petits points brillants qu'il aperçoit dans l'espace, tournent autour de lui.

2° Comme nous savons qu'une grande masse est beaucoup plus difficile à mouvoir qu'une petite, en cas d'incertitude, nous croyons toujours que c'est la plus petite qui se meut, et si un homme se place au bord d'une écluse et qu'il fixe exclusivement les yeux sur un bateau qui s'avance en la remplissant, persuadé que son propre corps se meut plutôt que cette grande masse, il se croira entraîné à droite ou à gauche, et, dans l'effort involontaire qu'il fera pour éviter la chute, il se jetera lui-même à terre; cette illusion, qui est tout à fait irrésistible, cessera à l'instant même, si l'on regarde à la fois le bateau et la rive opposée; car, dès lors, on comprendra que la rive est immobile, et que le bateau marche.

Ces illusions sont une nouvelle preuve du peu de confiance que l'homme peut avoir dans le rapport de ses sens, quand il n'est pas rectifié par le raisonnement.

Dans tout mouvement il y a à considérer : 1° sa direction ; 2° sa vitesse ; 3° l'espace qu'il parcourt.

Tout mouvement est rectiligne de sa nature, car on comprend qu'un corps ne peut pas se mouvoir dans deux sens à la fois ; les courbes décrites par certains corps, sont des successions de petites lignes droites.

Tout mouvement est éternel de sa nature, et si ce fait ne se réalise pas à la surface de la terre, c'est que le mouvement se communique à d'autres corps, à l'air atmosphérique, par exemple.

On donne souvent au mouvement, le nom des lignes qu'il parcourt, on dit : mouvement rectiligne, circulaire, tangentiel, etc.

La vitesse d'un mouvement, c'est l'espace parcouru divisé par le temps ; cela s'exprime au moyen de la formule $V = \frac{E}{T}$; cela semble abstrait, et c'est pourtant une chose simple ; le temps se compte par secondes, l'espace par mètres, supposez qu'un corps ait parcouru un espace de 100 mètres dans un temps de 4 secondes, E/T donnera 25 ; cela veut dire que la vitesse du corps est de 25 mètres par seconde.

On comprend qu'un corps peut parcourir des espaces égaux dans des temps égaux ; cela s'appelle un mouvement uniforme ; mais il peut arriver aussi, que les espaces parcourus dans des temps égaux, aillent en augmentant ou en diminuant dans le le premier cas le mouvement est *accéléré* ; dans le second, c'est un mouvement *retardé*.

Il y a un cas particulier qui nous intéresse beaucoup, car c'est celui de la chute des corps ; c'est le mouvement *uniformément accéléré*.

Dans cette sorte de mouvement, quand il est produit par une force constante et qui agit continuellement, comme la pesanteur, par exemple, les vitesses, les temps et les espaces parcourus sont, entre eux, dans des rapports bien remarquables; si, pendant un temps déterminé, une seconde, par exemple, un corps a parcouru un espace de 15 pieds, pendant 2 secondes, le corps aura parcouru un espace de 4 fois 15 pieds ou 60 pieds; pendant 3 secondes, il aura parcouru un espace de 9 fois 15 pieds ou 135 pieds; en d'autres termes, quand les temps écoulés seront suivant les nombres 1, 2, 3, 4, les espaces parcourus seront comme les carrés de ces nombres 1, 4, 9, 16; d'où résulte cette loi que dans la chute des corps, les espaces parcourus sont comme les carrés des temps. Il en résulte encore que les espaces parcourus pendant chacune des secondes prises à part, sont comme la série des nombres impairs 1, 3, 5, 7, etc. Il en résulte enfin ce fait remarquable, que la force avec laquelle un corps vient frapper le sol ou ce qu'on appelle *vitesse finale*, est proportionnelle aux temps écoulés pendant la chute et non aux espaces parcourus.

Ainsi, un homme tombe d'un premier étage en une seconde, d'un quatrième étage en deux secondes, il court, dans le second cas, en rencontrant le sol, un danger précisément double de celui qu'il aurait couru dans le premier cas, et non quadruple, comme on serait porté à le croire.

QUATRIÈME LEÇON.

MESSIEURS,

Après vous avoir donné une idée des corps, nous avons établi dans la dernière séance, que l'ensemble des phénomènes dont la nature se compose autour de nous, pouvait se réduire à des mouvements; et puis, nous avons examiné les diverses natures de mouvements que l'on pouvait distinguer, en terminant par le mouvement uniformément accéléré, qui est précisément celui qui anime les corps qui tombent, c'est-à-dire, qui se rapprochent librement du centre de la terre.

Nous vous ferons, cependant, remarquer que ces corps dans la pratique, ne suivent pas rigoureusement cette loi, parce qu'ils tombent ordinairement d'en l'air, et que cet air leur oppose une résistance qui ralentit un peu leur chute.

Comme il nous est démontré par une multitude de faits, que la matière est inerte, lorsque nous voyons un corps se mouvoir, il faut bien que nous attribuions ce déplacement à une cause quelconque, et c'est à cette cause que l'on donne, en général, le nom de force ou de puissance; ainsi, quand un corps est abandonné à lui-même, il se met en mouvement et tombe en se dirigeant vers le centre de la terre, jusqu'à ce qu'il rencontre un obstacle qui l'arrête; nous attribuons ce mouvement à une force

que l'on nomme *attraction*, et qui semble inhérente à toutes les molécules de la matière; mais les corps présentent une foule d'autres mouvements, qui ne peuvent point être attribués à l'attraction; nous sommes obligés d'admettre d'autres causes de mouvement ou d'autres forces. Il est probable que ce mot et l'idée qu'on y attache, viennent originairement de l'emploi de certaines facultés de l'homme et des animaux. Qu'un homme saisisse un bâton et le brise, en le ployant sur son genou; on dira qu'il a employé sa force, que c'est la force de l'homme qui a brisé ce bâton. Si l'on saisit un marteau et qu'on en frappe une bille d'ivoire, placé sur un plan horizontal et qui demeurait en repos, cette bille sera vivement déplacée; on dit que la force de l'homme a mis le marteau en mouvement, et que ce mouvement s'est communiqué à la bille.

Il faut bien remarquer, et je suis bien fâché d'être obligé d'en convenir, que nous ne savons pas du tout ce que c'est qu'une force; nous n'avons et nous n'aurons probablement, jamais, aucune notion sur la nature propre de cette cause mystérieuse, qui surmonte l'inertie de la matière et met celle-ci en mouvement; mais quoique nous ne connaissions pas la nature propre de ce qu'on appelle force, ce n'est pas une raison pour nous décourager dans nos études. Newton n'a jamais connu, et nous ne connaissons pas plus que lui, la nature de l'attraction; mais il a démontré, que cette force s'exerçait en raison directe des masses et en raison inverse du carré des distances, et cela a suffi pour expliquer et calculer tout le système du monde.

Nous acquérerons donc déjà beaucoup de connaissances, si nous pouvons constater suivant quelles lois les forces agissent, comment elles se combinent, comment elles produisent les équilibres et les mouvements.

Quand on veut, en général, étudier la force, elle présente à considérer : 1° son intensité; 2° sa direction; 3° le temps pendant lequel elle a agi.

L'intensité de la force est une chose dont nous ne pouvons jamais prendre une idée que par le mouvement même que cette force produit; vous pouvez facilement le concevoir, puisque le mouvement est, lui-même pour nous, le seul indice de l'existence de la force; nous voyons un mouvement, nous en concluons qu'il y a une force; le mouvement est considérable, nous en concluons que la force est grande, et, en général, on admet comme axiome que le mouvement est proportionnel à la force.

Mais, Messieurs, c'est une chose bien importante, qui n'est pas aussi simple qu'on pourrait le croire au premier abord, que de juger de la valeur d'un mouvement; il est bien évident, que si différentes forces étaient, successivement, appliquées à une seule molécule de matière, cette molécule se mouverait avec des vitesses proportionnelles à la valeur de ces forces; si la force était double, la vitesse serait double, etc.; dans ce cas simple, la vitesse du mouvement serait la mesure de la force; mais il faut remarquer qu'il n'en est presque jamais ainsi, et que les forces sont appliquées à des corps composés d'un plus ou moins grand nombre de molécules, c'est-à-dire, qui ont des masses différentes.

Si, par exemple, on fait agir une force donnée, représentée par 10 sur une seule molécule, cette molécule prendra une vitesse qu'on pourra représenter par 10; mais si la même force était appliquée à un corps composé de 10 molécules, il est certain qu'elles se partageraient entre elles les effets de la force, et que chacune n'aurait plus qu'une vitesse représentée par 1; ainsi, la même force peut présenter des vitesses très-variables, quand on l'applique à des masses différentes; on peut même remarquer, que toujours, la vitesse est en raison inverse de la masse, la masse étant 1, la vitesse est 10, la masse étant 10, la vitesse est 1; mais en multipliant la masse par la vitesse, on obtient toujours le même produit.

Il résulte de ces considérations, que l'on commettrait les plus graves erreurs en estimant les forces par les vitesses, sans tenir

compte des masses ; ainsi, une balle de fusil et un boulet de canon, se mouvant au sortir de l'arme à peu près avec la même vitesse, on en conclurait que la force qui les lance est la même; cependant, la balle est poussée par quelques grammes de poudre et le boulet par plusieurs kilogrammes. Il est donc indispensable, dans l'appréciation de la valeur des forces, de tenir compte de la vitesse et de la masse du corps mis en mouvement, c'est-à-dire, de multiplier l'un par l'autre ; aussi le produit de la masse par la vitesse d'un corps en mouvement, s'appelle *quantité de mouvement,* et la valeur d'une force est proportionnelle à la quantité de mouvement qu'elle produit.

Les hommes ont imaginé un grand nombre de machines qui ont pour objet, de transmettre les forces et d'en modifier les effets ; ces modifications n'ont jamais pour résultat, que de faire varier les proportions de masse ou de vitesse ; ainsi, un enfant qui appuie sur un levier avec une force de quelques kilogrammes, pourra, au moyen d'une presse hydraulique, faire monter un plateau de fonte avec une force de plusieurs milliers de kilogrammes ; mais la vitesse du mouvement de la main de l'enfant, sera très-considérable et l'ascension du plateau sera extrêmement lente ; en sorte, qu'en multipliant la petite pression de la main par sa grande vitesse, et la petite vitesse du plateau par sa grande pression, on obtiendrait des produits égaux, c'est-à-dire, que la *quantité du mouvement* est la même de deux côtés.

Il suit de ces observations un principe certain, c'est qu'aucune machine ne saurait augmenter de la moindre quantité la valeur réelle d'une force quelconque, et que tout homme qui imagine une machine avec laquelle un cheval, par exemple, ferait la force de deux chevaux, commet nécessairement une grossière erreur ; il y a mieux, c'est que toutes les machines présentant quelques frottements, qu'il faut vaincre avant d'obtenir ses effets, il n'y a pas de machine qui ne produise une diminution de l'effet comparativement à la force em-

ployée ; et cependant, Messieurs, parmi les innombrables inventions humaines, il en est des milliers parmi lesquelles un grand nombre ont été accueillies, d'abord, avec beaucoup de faveur, et qui, selon leurs auteurs, devaient avoir pour effet de décupler et même, de centupler les effets utiles d'une force donnée, car, il n'y a point de limites dans la ligne de l'erreur.

Ceci sera, Messieurs, pour vous, une nouvelle preuve de l'indispensable nécessité des connaissances scientifiques pour le perfectionnement des arts ; des existences tout entières ont été absorbées, et des fortunes considérables englouties pour avoir méconnu ou ignoré le principe que nous venons d'établir. Il y a peu de jours encore, on me soumettait le plan d'une machine qui devait être propre à élever une certaine masse d'eau à une certaine hauteur, avec une puissance qui ne devait être que le quart du poids de l'eau à élever ; j'aurais pu dire *à priori*, que le fait était absurde ; j'ai fait plus, j'ai indiqué quelle était l'erreur de raisonnement qui avait trompé l'auteur ; je désire qu'il se soit rendu à cet avis et qu'il ait abandonné l'exécution d'un projet qui ne peut avoir que des suites fâcheuses.

Je vous demande pardon d'insister, à ce point, sur une question si simple qu'elle ferait sourire un mathématicien, mais des faits trop nombreux se réunissent chaque jour, pour démontrer que l'axiome est loin d'être encore assez populaire, et qu'on ne saurait trop répéter que tout projet de mécanisme qui semble avoir pour résultat la moindre augmentation dans la valeur intrinsèque d'une force primitive, est nécessairement le résultat d'une erreur grossière.

Nous avons à chaque instant besoin de mesurer des forces, et cette mesure se fait comme toute autre mesure et d'après le principe que nous avons posé, en comparant la force qu'il est question de mesurer avec quelqu'autre force qui sert d'unité ; ainsi, par exemple, un décimètre cube d'eau distillée et à son maximum de densité, est attirée par la terre avec une certaine

force ou présente, comme on dit communément, un certain poids, ce poids est ce qu'on appelle un kilogramme ; et bien, si une force est capable de soulever 1, 10 ou 100 kilogrammes, on dira que c'est une force de 1, de 10 ou de 100 kilog.

On compare aussi très-souvent les forces avec celles de l'homme ou des animaux. La force d'un homme est évaluée à 12 kilog. et 1/2 ; la force d'un cheval à 75 kilog. Mais on conçoit parfaitement que toutes ces expressions, ainsi isolées, et sans tenir compte de la vitesse, n'ont aucune espèce de valeur; si l'on dit au contraire, un homme est capable, sans fatigue et pendant plusieurs heures chaque jour, d'élever à chaque seconde un poids de 12 et 1/2 kilog. à un mètre de hauteur, ou de presser avec sa main le manche d'une manivelle avec une force de 12 et 1/2 kilog., en faisant faire à cette manivelle, un chemin d'un mètre par seconde, on aura la véritable évaluation de la force d'un homme, si l'on dit qu'un cheval peut exercer sur une voiture une force de traction représentée par 75 kilog., tout en marchant avec une vitesse d'un mètre, on aura encore l'appréciation de la force d'un cheval.

On est dans l'usage de dire que la force d'un cheval est représentée par 75 kilog. d'eau élevée à un mètre par seconde, ou 4,500 kilog. d'eau élevée à un mètre par minute.

On concevra l'importance de cette indication du chemin parcouru par le poids, ou de la vitesse, en considérant que 4,500 kilog. d'eau, élevés à un mètre, ou 450 kilog. d'eau, élevés à 10 mètres, ou 45 kilog. d'eau, élevés à 100 mètres par minute, représentent également la force d'un cheval.

Nous devons déplorer que l'unité de mesure de la force ne soit pas la même chez toutes les nations, l'on peut en dire autant de toutes les autres mesures ; une force de cheval, en Angleterre, n'est pas la même chose qu'une force de cheval en France ; une livre anglaise est autre chose qu'une livre française, ou une livre belge; ce qui entraîne à une multitude de calculs souvent

fort difficiles, pour calculer la valeur utile ou la valeur vénale d'un objet quelconque, passant d'une nation chez une autre. Il est bien à désirer que les mesures métriques françaises soient généralement adoptées; on peut toujours en retrouver les éléments, et ces éléments sont communs à toutes les nations; car un mètre, c'est la dix millionième partie du quart du tour de la terre.

Un décimètre, c'est la dixième partie d'un mètre; un kilogramme, c'est un décimètre cube d'eau; un gramme, c'est un centimètre cube d'eau : ainsi, de la circonférence du globe, on a déduit la mesure linéaire, la mesure de surface, la mesure de volume et même la mesure du poids.

Il est bien entendu que ce qu'on appelle la force d'un animal, c'est l'effort qu'il peut exercer longtemps de suite, sans fatigue, et de manière à pouvoir recommencer le lendemain; car il est capable d'exercer des efforts bien supérieurs à ceux que nous avons notés pour l'homme et pour le cheval, pourvu que cet effort ne dure pas longtemps; ainsi, le cheval qui ne pourra tirer toute la journée que 75 kilog., pourra produire un effort momentané de 3 à 400 kilog.; c'est un des grands avantages de l'emploi des animaux comme puissance, que de pouvoir ainsi leur faire exercer, momentanément, de grands efforts; les autres moteurs ne jouissent pas du même avantage.

La direction des forces, est une chose fort importante à considérer; le corps auquel la force est appliquée, se meut, nécessairement, dans la direction de cette force; quand une force est unique, ou que plusieurs forces peuvent être réduites à une force unique par les principes que nous développerons tout à l'heure, la direction ne peut être autre chose qu'une ligne droite; un corps ne saurait parcourir une courbe, à moins qu'il ne soit sollicité par deux forces au moins, et dont l'une change continuellement de direction; le corps se meut, alors, dans une série de petites lignes droites, dont la réunion constitue la courbe.

Le temps pendant lequel une force agit, n'est pas moins important à considérer que son intensité ou sa direction.

Mais, si une force agit pendant un seul instant, ou, si cette force, après avoir agi un certain temps, cesse d'agir, le mouvement qui en résultera, sera rectiligne, uniforme et éternel; il sera rectiligne, car il répugne qu'un corps puisse se mouvoir à la fois dans deux directions; il sera uniforme, c'est-à-dire que le corps parcourra des espaces égaux dans des temps égaux; il sera éternel, car il n'y a rien dans le corps qui puisse combattre, détruire, ou seulement diminuer le mouvement qui lui a été communiqué.

On peut être surpris de voir ainsi poser en principe, que tout mouvement produit, est éternel de sa nature, quand on se rappelle que tous les rêveurs, de tous les temps, ont vainement cherché à réaliser cette grande chimère de l'esprit humain, que l'on appelle le mouvement perpétuel: mais il faut remarquer que pour les corps qui sont à notre disposition, aucun d'eux ne saurait se mouvoir sans en rencontrer quelques autres auxquels il communique une partie du mouvement qu'il avait reçu; ainsi, la résistance de l'air, le frottement d'une bille sur un tapis, le frottement des rouages d'une pendule, la raideur d'un fil qu'il faut ployer incessamment, sont autant de causes matérielles qui détruisent, peu à peu, le mouvement acquis dans toute espèce de corps, et en dépit de toutes les précautions que nous pouvons prendre; ce qui, loin d'infirmer le principe établi, le confirme au contraire, puisqu'aucun corps ne perd son mouvement qu'en le cédant à un autre.

Lorsqu'une force agit sur un corps avec persistance, c'est-à-dire, qu'elle continue à le solliciter pendant une succession d'instants, pendant plusieurs secondes, par exemple, le mouvement du corps augmente à chaque instant; en effet, après la première seconde, ce corps possède déjà une certaine quantité de mouvement qu'il ne devra plus perdre; mais, pendant la seconde suivante, la force communiquera au corps une nouvelle

quantité de mouvement qui s'ajoutera à la première, et ainsi successivement, de manière que le mouvement du corps sera accéléré.

Ainsi, si l'on met de la poudre dans un canon de pistolet de six pouces de longueur et une balle par dessus, la force expansive des gaz de la poudre enflammée, agira sur la balle pendant ce trajet de six pouces, et la balle en sortant, possédera une certaine vitesse; mais il est évident que, si le canon de pistolet a un pied, après que la balle aura déjà parcouru six pouces, elle continuera à être sollicitée par la force de la poudre jusqu'à sa sortie du canon, et elle possédera, en sortant, une plus grande vitesse que dans le premier cas; il y a cependant une limite à laquelle doit s'arrêter la longueur du canon, car au-delà, l'expansion des gaz, cesserait d'agir sur la balle, qui serait d'ailleurs retardée par le frottement dans le canon.

Il y a, dans la nature, une grande variété de forces, dont les unes n'agissent que momentanément, tandis que d'autres agissent d'une manière continue, et, à cause de cela, prennent le nom de forces accélératrices; l'attraction est une force de cette dernière espèce, elle est tellement inhérente à la matière, qu'elle agit perpétuellement sur elle, que cette matière soit encore au repos, ou qu'elle soit déjà en mouvement.

On conçoit que toutes les particules du globe doivent concourir à attirer un des corps quelconques que nous avons à notre disposition; dans ce cas particulier, l'attraction prend le nom de pesanteur. Le poids, c'est la somme des forces de pesanteur qui agissent sur un corps donné.

Il est remarquable, que la terre étant presque sphérique, il résulte de sa symétrie, que la somme des attractions que toutes ses particules exercent, agit comme une seule force, qui passerait par le centre de la terre.

On appelle *verticale* la direction de cette ligne, que suit la pesanteur et qui se dirige vers le centre du globe.

Dans une exposition aussi sommaire que celle-ci, et qui est particulièrement destinée à faire comprendre les lois de la nature, sans faire usage des mathématiques, j'ai bien du regret, de me trouver forcé de faire un peu de géométrie, pour expliquer les lois très-simples, suivant lesquelles les forces, quelque soit leur nature, se combinent, se réunissent et se modifient réciproquement.

L'ensemble de ces lois porte le nom de *statique*, ou science de l'équilibre, pendant qu'on donne le nom de *dynamique* à la science du mouvement lui-même.

Les forces ayant toujours une direction linéaire, et les longueurs de différentes lignes, étant parfaitement propres à exprimer ou à représenter les valeurs de différentes forces, on s'est servi de ce moyen pour établir les lois de l'équilibre dont nous allons exposer les principales.

Si un point est sollicité par deux forces égales et opposées, que l'on représente par deux lignes égales, il est évident que ce point ne pourra pas se mouvoir, car, il n'y a aucune raison pour qu'il obéisse plutôt à l'une ou à l'autre de ces deux forces; cependant, l'état où se trouve ce point, ne peut pas être appelé le repos; car, si le point était en repos, il faudrait absolument lui appliquer une force pour le mouvoir; mais, pour le point dont il est question, il suffirait de retrancher ou même de diminuer l'une des deux forces, pour que le corps se mût, emporté par la plus puissante; cet état particulier de ce point matériel s'appelle *équilibre*.

Ainsi, un point matériel sollicité par deux forces égales et directement opposées, est en équilibre.

Un corps sollicité par un nombre de forces opposées les unes aux autres, sera encore en équilibre, si la somme des forces d'un côté, est égale à la somme des forces de l'autre; si ces deux sommes n'étaient pas égales, le point serait entraîné dans la direction de la plus grande somme, et pour le mettre en équi-

libre, il faudrait ajouter, du côté le plus faible, une nouvelle force égale à la différence.

Le cas que nous venons d'exposer, est de la plus grande évidence ; mais il s'en présente un autre un peu plus difficile : c'est le cas où deux forces qui agissent sur un point matériel, au lieu d'être directement opposées, forment un angle entre elles.

Il est évident que le point matériel ne peut pas se mouvoir à la fois dans la direction des deux forces ; cependant, ce point doit se mouvoir, car les deux forces n'étant pas opposées, quand même elles seraient égales, elles ne produiraient pas l'équilibre. Il s'agit donc de chercher comment et par où le point devra se mouvoir.

Les deux forces étant représentées par deux lignes qui forment un angle, par l'extrémité de chacune d'elles, on peut tracer une ligne parallèle à l'autre ; il résultera de cette opération graphique, ce qu'on appelle un *parallélogramme* ; on peut encore tracer une ligne qui réunisse les deux angles opposés de ce parallélogramme, et cette ligne s'appelle la *diagonale*. Et bien, on démontre, soit par les mathématiques transcendantes, soit par une simple expérience, que le corps, en se mouvant, suivra cette diagonale comme s'il était sollicité par une force unique qui aurait cette direction. Et cette diagonale représentera les deux forces, non-seulement quant à la direction, mais encore quant à l'intensité, et c'est pour cela que cette force unique s'appelle la *résultante* des deux forces primitives, tandis que celles-ci s'appellent souvent les *composantes*.

Il découle de ces propositions, que deux forces angulaires peuvent toujours être remplacées par une seule, et qu'une seule force peut toujours être remplacée par deux autres, qui seront ses composantes ; seulement, pour deux forces angulaires, il n'y a qu'une seule diagonale possible, et, par conséquent, qu'une seule résultante, tandis que, pour une seule force considérée

comme diagonale d'un parallélogramme, on peut construire un nombre indéfini de parallélogrammes.

La proposition que nous venons d'essayer d'expliquer, porte le nom de *théorème du parallélogramme des forces*, et elle est la base principale de toute la statique et de toute la dynamique.

Si deux forces parallèles étaient appliquées à deux points matériels différents mais liés entre eux, ces deux forces auraient encore une résultante possible ; elle serait représentée par une ligne parallèle aux deux premières ; mais appliquée à un point situé entre les deux premiers points matériels ; cette résultante serait égale à la somme des deux forces primitives, mais elle devrait être placée en un tel point, que les distances de ce point aux deux points matériels primitifs, se trouvassent en raison inverse de l'intensité des deux forces.

La balance est un cas de ce principe : deux poids égaux, suspendus aux deux extrémités du fléau, sont en équilibre, pourvu que le point fixe de la balance soit également distant de ces deux extrémités. Si l'un des bras de la balance avait un décimètre, et l'autre un mètre, il y aurait équilibre en mettant un poids de 10 kilog. du côté où le levier n'a qu'un décimètre, et un kilog. du côté où le levier a un mètre.

Dans les cabinets de physique, on démontre le parallélogramme des forces au moyen de deux marteaux disposés dans une direction angulaire, et qui frappent simultanément une bille d'ivoire, laquelle ne suit la direction ni de l'un ni de l'autre des deux marteaux, mais bien celle de la diagonale.

Parmi les mouvements infiniment variés, qui peuvent résulter de l'application des forces, et dans le détail desquels il nous est impossible d'entrer, il en est cependant un que nous ne pouvons passer sous silence ; nous voulons parler du mouvement de *rotation*.

Si l'on suppose une bille d'ivoire, placée sur une table horizontale, mais enchaînée par un fil fixé à un petit clou planté

dans cette table; si, avec un marteau, par exemple, on imprime à cette bille une impulsion perpendiculairement à la direction actuelle du fil, il arrivera une chose dont les conséquences sont de la plus grande importance pour l'intelligence de beaucoup de phénomènes naturels.

Il est clair que si la bille n'avait pas été retenue par un fil, en recevant le choc du marteau, elle se serait mise en mouvement suivant une ligne droite, et ce mouvement serait demeuré uniforme tant qu'il n'aurait pas été détruit par des obstacles extérieurs; mais, dans le cas supposé, le fait est impossible, parce que le fil, supposé inextensible, ne permet pas à la bille de s'écarter du point fixe; en conséquence, cette bille, au lieu de se mouvoir en ligne droite, se met à décrire des cercles autour de ce point fixe, mouvement qui continue avec uniformité, jusqu'à ce qu'il ait été détruit par des résistances extérieures.

Pendant qu'un corps tourne ainsi autour d'un point fixe, il arrive que ce fil est continuellement tendu avec une certaine force, à laquelle il doit résister pour maintenir le corps dans le cercle. Cette force, qui semble se développer ainsi dans un corps qui tourne, s'appelle force *centrifuge;* elle augmente comme le carré de la vitesse du corps dans le cercle; elle croît aussi en raison de la petitesse du rayon de ce cercle.

Il ne serait pas exact de considérer cette force centrifuge comme tendante à éloigner directement le corps du centre du mouvement, car, si après que le corps a fait un tour, on vient à couper le fil, le corps s'échappe par la tangente du cercle ou par une ligne qui se trouve perpendiculaire au fil, à l'instant même où il est coupé.

La fronde est un exemple de phénomènes de ce genre : un morceau de peau est attaché à deux cordes; l'une d'elles est tournée autour de la main; l'autre est légèrement retenue par les doigts; le morceau de peau se trouve alors plié en deux; on y dépose une pierre, on fait rapidement tourner la fronde, puis

tout à coup, on lâche une des cordes et la pierre s'échappe par la tangente du cercle que la fronde lui faisait décrire.

Au moment où la pierre s'échappe ainsi, elle possède toute la vitesse avec laquelle elle se mouvait dans le cercle, ce qui fait de la fronde une arme assez redoutable et susceptible de quelque précision.

On fait en physique beaucoup d'expériences pour rendre sensibles les effets de cette force centrifuge; on enfile des billes d'ivoire dans un mince fil de cuivre, supporté par un levier en fer qui peut tourner rapidement sur son milieu. Quand une bille est placée juste au centre, et qu'on fait tourner le levier, la bille reste en place, parce que ses deux moitiés sont animées de deux forces centrifuges égales qui se font équilibre. Si la bille n'est pas exactement au centre, elle se précipite rapidement vers l'extrémité du levier dont elle est plus voisine.

Si l'on monte sur le même levier tournant, deux tubes de verre, inclinés de manière que l'extrémité qui se trouve au centre, soit en bas et l'extrémité externe élevée, et si l'on place dans ces tubes de l'eau, une balle de plomb et une balle de liége, en vertu des poids spécifiques, la balle de plomb sera au centre, la balle de liége en dehors et en haut, et l'eau entre-deux; mais, si l'on fait tourner le tout rapidement, en vertu de la force centrifuge, les situations se renversent, la balle de liége descend au centre, l'eau reste intermédiaire et le plomb se porte en haut et en dehors.

Sur le principe des forces centrifuges, on a proposé un singulier moyen de guérir l'apoplexie; on sait que ce terrible accident est attribué à ce que le sang se porte avec force vers la tête; or, si l'on couche un homme sur un levier horizontal et tournant, la tête près du centre et les pieds vers la circonférence, la force centrifuge aura pour effet, de porter le sang vers les pieds et d'en dégager la tête. Malheureusement, le mouvement de rotation devra cesser, et il est fort à craindre que le sang,

jusque là refoulé dans les vaisseaux des extrémités, ne reflue tout d'un coup vers la tête avec plus de violence que jamais.

Le globe sur lequel nous habitons, en circulant autour du soleil, est animé d'une force centrifuge qui, est nécessairement et exactement, égale à l'attraction que le soleil exerce sur lui, puisque la terre ne quitte pas son orbite.

Mais le globe de la terre tourne aussi sur son axe, et les différents points de sa masse sont, nécessairement, animés de forces centrifuges; ces forces sont très-variables, parce que leur intensité dépend de la vitesse de rotation, et que la vitesse de rotation dépend, elle-même, de la distance de ces points à l'axe de la terre; ainsi, près du pôle, chaque point de la terre ne décrit qu'un petit cercle en vingt-quatre heures; à l'équateur, ce cercle est de 9,000 lieues; c'est l'existence de ces forces centrifuges qui a produit l'aplatissement de la terre vers les pôles, et qui a produit de semblables aplatissements pour toutes les planètes qui tournent vite; tandis que la lune, qui tourne doucement, n'offre rien de semblable.

Il est aisé de calculer les forces centrifuges qui animent les différents points de la terre, et c'est en se basant sur ce calcul, que Newton a déterminé la valeur de l'aplatissement vers les pôles, valeur qui a été confirmée depuis par des mesures directes et répétées.

La force centrifuge que la matière éprouve à l'équateur, agit directement en sens contraire de la pesanteur; tandis que celle-ci tend à rapprocher les corps du centre de la terre, la force centrifuge tend à les en écarter; mais, leurs valeurs sont bien différentes : tandis que la gravité fait parcourir à un corps en une seconde, 4 mètres, 89 centièmes; la force centrifuge ne peut lui faire parcourir que 0^m, 017 millimètres; il n'en est pas moins vrai que cette force a son influence, et que les corps tombent moins vite à l'équateur qu'aux pôles; on a même calculé, que si la rotation de la terre était dix-sept fois plus rapide, la

force centrifuge compenserait l'attraction, et que les particules du globe pourraient se disperser dans l'espace.

Des expériences particulières sur les effets de la force centrifuge à l'égard de la végétation, ont donné lieu à des résultats on ne peut pas plus remarquables; mais, ces résultats ne peuvent guère entrer dans aucun système théorique accrédité, et c'est un malheur de l'esprit de système scientifique, que ces sortes de faits soient, en géneral, laissés de côté ou fort négligés, probablement, parce qu'ils dérangent l'ensemble des explications reçues, ou ne s'y prêtent pas facilement; on considère ces sortes de faits excentriques, comme des importuns qui viendraient troubler la tranquillité d'esprit d'un savant bien assuré de la bonté de sa théorie.

Il résulte de ce fait trop ordinaire, que vous ne trouveriez probablement, dans aucun livre systématique, l'exposé des phénomènes que je vais décrire.

Si l'on construit une roue horizontale, montée sur un pivot et entretenue dans un mouvement de rotation continu, par un mécanisme quelconque, on pourra placer, sur cette roue, en les y attachant, de petits morceaux d'éponge mouillés dans lesquels on aura logé une graine; si l'humidité de l'éponge est entretenue, et si la température de la pièce est convenable, la graine ne tardera pas à germer mais on remarquera que la radicule, ou la petite racine, se portera horizontalement en dehors de la roue, pendant que la plumule ou la petite tige, se dirigera vers le centre de cette même roue; tant qu'on entretiendra le mouvement, la racine et la tige continueront à croître, en se maintenant toujours dans les directions indiquées; en sorte que, si toute la roue était couverte de graines, toutes les racines rayonneraient autour d'elle, et toutes les tiges se réuniraient vers son centre.

L'effet que nous venons de décrire sera complet et absolu, si le mouvement de rotation est un peu rapide; si ce mouvement

était lent, les racines se porteraient obliquement en dehors et en bas pendant que les tiges se porteraient en dedans et en haut; et enfin, si la roue était arrêtée, toutes les racines se porteraient directement en bas, et toutes les tiges directement en haut.

On sait, en effet, que dans tous les points de la surface du globe, les racines s'enfoncent dans le sol, pendant que les tiges s'élèvent vers le ciel; on ne trouve, à cet égard, qu'un petit nombre d'exceptions, qui dépendent, évidemment, de l'inégalité de résistance que le sol peut offrir au développement des racines, ou de la lumière, vers laquelle les tiges tendent à se porter.

On a fourni beaucoup d'explications plus ou moins spécieuses de ce fait si général et si vulgaire ; on a dit, que les racines se dirigeaient vers le sol pour y puiser leur nourriture ; on a dit, que la tige s'élevait dans l'air pour y trouver l'aliment de la respiration des feuilles; mais, ce sont là des causes finales, et l'on sait que ce mode d'explication doit être rejeté des sciences exactes.

Cependant, cette tendance des racines à se porter vers la terre, et des tiges à s'élever dans l'air, est tellement prononcée que si l'on place, à dessein, une graine quelconque dans le sol, de manière à ce que l'origine de la radicule soit en l'air, et l'origine de la plumule en bas, l'une et l'autre, en se développant, formeront tout de suite, un crochet pour se porter, la racine en bas et la tige en haut.

L'expérience que nous avons rapportée, fournit, de ce grand phénomène végétal, une théorie beaucoup plus certaine et tout à fait satisfaisante.

Dans un végétal qui germe, il se développe des forces nouvelles, qui paraissent destinées à agir en sens contraire, et qui se combinent avec les autres puissances naturelles ; or, il arrive que la force qui développe la radicule, agit dans le même sens que l'attraction de la terre, tandis que les forces qui développent la

plumule, agissent en sens contraire de cette attraction ; en sorte que, l'unique raison qui imprime une direction fixe aux végétaux, c'est l'attraction centrale du globe ; ce qui prouve incontestablement cette vérité, c'est que, dans la plante placée sur la roue, au lieu d'une force centrale ou *centripède*, il y a une force centrifuge, et qu'alors la racine se porte en dehors, c'est-à-dire, dans la direction de cette force centrifuge, pendant que la plumule se porte en dedans, c'est-à-dire, dans une direction opposée à celle de la force centrifuge.

Si le mouvement de rotation est rapide, la force centrifuge sera très-grande par rapport à l'attraction du globe, et l'on verra les tiges et les racines se diriger horizontalement ; mais si le mouvement de rotation est lent, la force centrifuge sera petite, et laissera quelque influence à la pesanteur ; d'où il arrivera que les racines et les tiges prendront une direction oblique moyenne; en sorte que, si l'on faisait la force centrifuge précisément égale à la pesanteur, les racines et les tiges croîtraient sous un angle de 45 degrés, par rapport au plan de la roue.

L'exposition d'un fait aussi notable de physiologie végétale, m'a paru digne d'intérêt, surtout dans un pays où l'on s'occupe, avec tant de zèle et de fruit, de la culture des végétaux.

Nous n'avons considéré, jusqu'ici, les forces et les mouvements qu'elles peuvent produire, que d'une manière abstraite, et sans nous inquiéter quelle pouvait être la source de la puissance dont nous voulions étudier les effets.

Il est, cependant, essentiel de savoir exactement d'où peuvent provenir les forces qui produisent les phénomènes naturels, ou bien à l'aide desquels nous donnons volontairement naissance à un tel mouvement.

Il n'y a, dans la nature, qu'un bien petit nombre de forces diverses, et nous allons les passer en revue.

La pesanteur dont nous avons déjà eu plusieurs fois l'occasoin de parler, est évidemment une grande cause de mouvement,

ou une puissance très-importante et très-généralement répandue; mais il faut remarquer que, si elle agissait seule, elle amènerait bientôt tout le globe à un état d'équilibre permanent; toutes les particules de ce globe ayant, en effet, réussi à se grouper autour de son centre, de manière à s'en placer le plus près possible; il n'y aurait plus de mouvement; les eaux, par exemple, resteraient dans les bassins des mers et ne sauraient jamais s'élever sur le haut des montagnes : mais nous étudierons incessamment un des grands mobiles des phénomènes naturels, connu sous le nom de *chaleur* ou de *calorique*, qui vient s'opposer à cet état de stagnation des particules matérielles, que l'attraction seule aurait produit.

L'eau de la surface des mers est réduite en vapeur par le calorique; ces vapeurs sont plus légères que l'air; elles montent, et à une lieue de hauteur, elles rencontrent une température plus basse qui les condense : il en résulte des nuages qui vont eux-mêmes se précipiter, en eau liquide ou en glace, sur le sommet des montagnes, c'est-à-dire, sur les points les plus élevés de la croûte solide du globe. Cette eau liquide, ou ces glaces fondues peu à peu par la chaleur interne du globe, se trouvant placées sur des points élevés, tendent à reprendre le niveau des mers; en conséquence, elles s'infiltrent dans le sol, elles s'écoulent sur le flanc des montagnes, elles forment, en suivant les accidents du terrain, des ruisseaux, des rivières, et enfin, des fleuves qui se rendent à la mer pour éprouver une nouvelle évaporation.

Ces liquides, qui suivent des pentes plus ou moins rapides, sont animées d'un mouvement ou d'une force quelles peuvent communiquer à d'autres corps; elles entraînent des débris du sol, les roulent et les broyent au fond de leur lit; ou bien, maîtrisées par l'intelligence humaine, elles font tourner régulièrement la roue d'un moulin.

Il est évident, qu'ici la pesanteur de l'eau est la vraie cause de la puissance, mais, on voit aussi qu'elle n'a pu être mise en

jeu, que par suite de l'immense distillation dont la surface du globe est incessamment le siége.

Les agitations de l'atmosphère, connues sous le nom de *vents*, sont aussi des puissances considérables, qui font mouvoir des machines fixes ou qui poussent nos vaisseaux à travers l'Océan; mais ces agitations elles-mêmes, reconnaissent pour cause, ou l'action directe de la chaleur, ou l'influence des vapeurs d'eau.

L'atmosphère, échauffée fortement par le soleil dans les zones torrides, s'élève incessamment dans les régions supérieures; l'atmosphère des pôles vient, en rasant la surface du globe, remplacer l'air qui s'est élevé, pendant que cet air lui-même, refroidit dans les régions supérieures, reflue vers les pôles; ce qui devrait produire à la surface de la terre, un courant constant des pôles directement vers l'équateur, et dans les hautes régions un courant inverse; mais il arrive que l'air venant des pôles, n'est pas animé d'un mouvement de rotation, à beaucoup près, aussi rapide que celui de la terre à l'équateur; en conséquence, la direction du courant d'air inférieur devient très-oblique et toujours dans le même sens dans les deux zones torrides; c'est ce qu'on appelle les *vents alizés*.

On peut dire que ces vents, si précieux pour la grande navigation, ne sont qu'apparents; on croit sentir du vent, parce qu'on est placé sur la terre qui tourne plus vite que l'air, comme on sent du vent sur la locomotive d'un chemin de fer; en examinant de près cette question, on trouve qu'il est parfaitement faux qu'un vaisseau aille aux Indes, et qu'il est parfaitement vrai que ce sont les Indes qui viennent trouver le vaisseau, les voiles des navigateurs, ouvertes aux vents alizés, empêchent le vaisseau de tourner aussi vite que la terre et permettent aux Indes de l'atteindre.

Tous les corps solides pesants, qui sont abandonnés à leur chute, comme les marteaux de nos forges, ne peuvent pas être considérés comme des sources de puissance; car, il a fallu em-

ployer pour les relever, le même effort qu'ils produisent en tombant.

La force des animaux est une cause de puissance d'autant plus importante, qu'elle se divise et se répand, en quelque sorte, à volonté sur le globe, pour produire incessamment ce nombre infini de mouvements divers, qui sont indispensables à l'existence des êtres organisés, et qui réagissent même puissamment sur les corps bruts; cette force a, dans tous les êtres vivants, une cause unique qui s'appelle *contractilité;* elle appartient à des organes spéciaux que l'on nomme des *muscles*, et qui sont admirablement distribués dans l'organisation de tous les animaux, pour mettre en mouvement les différentes parties de leurs squelettes intérieurs ou extérieurs, les déplacer eux-mêmes ou servir avantageusement à déplacer d'autres corps; tels sont les forces de l'homme, du cheval, de l'éléphant, etc.

On peut dire que jusqu'à l'an 1555, les forces que nous venons d'indiquer, étaient les seules que l'homme eut à sa disposition ; mais à cette époque, Papin s'aperçut que de l'eau chauffée dans un vase clos, exerçait une énorme puissance de dilatation qui pouvait lancer au loin le bouchon qui fermait ce vase, il vit même que la vapeur de l'eau pouvait soulever et laisser retomber alternativement un piston ; enfin, on eut la première idée de ce qu'on appelle aujourd'hui la vapeur ; depuis, tout le monde sait quelles importantes et innombrables applications cette puissance a reçu ; les moyens variés mis en usage pour administrer cette puissance, portent encore le nom de *machines à vapeur.*

La puissance de la vapeur, prend sa source dans la force de répulsion des particules du calorique; c'est un pouvoir antagoniste de celui de l'attraction, mais qui est beaucoup mieux à notre disposition, parce que nous possédons des moyens de développer à volonté du calorique, d'en pénétrer tous les corps et même, de les forcer par ce moyen, à passer de l'état liquide à l'état de vapeur, en occupant, comme cela arrive à l'eau, 1,700 fois leur volume primitif.

Les découvertes scientifiques modernes, ont fait connaître un nouvel ordre de phénomènes que l'on nomme *galvaniques*, du nom d'un italien qui, le premier, a aperçu ces sortes d'effets. Parmi ces phénomènes, il en est un remarquable, qui consiste, en ce que deux fils métalliques qui sont le siége de courants galvaniques s'attirent ou se repoussent suivant la direction de ces courants. Il n'y a là, ni l'attraction générale, ni la force animale, ni la force expansive du calorique; cela constitue donc une quatrième source de puissance dont l'homme peut disposer; si faible que cette puissance paraisse au premier abord, il n'est pas impossible qu'elle devienne un agent mécanique de grande importance, et déjà, on a essayé, en Allemagne, non sans une certaine probabilité de succès, de construire une locomotive galvanique.

Voilà jusqu'aujourd'hui, les seules sources de puissance qui soient à la disposition de l'homme, et, comme le mouvement est l'essence de tous les phénomènes naturels, comme les moyens de produire ce mouvement, sont certainement les choses les plus utiles à l'homme, nous devrons nous occuper en particulier, du calorique et de *l'électricité ordinaire* et *galvanique;* et maintenant, pour comprendre la plupart des phénomènes qui se passent à la surface du globe, il est indispensable d'étudier avec quelque soin, les fluides élastiques et l'atmosphère qui nous environnent; c'est ce que nous ferons dans la prochaine séance.

CINQUIÈME LEÇON.

MESSIEURS,

Obligé de faire un choix très-restreint parmi le nombre immense de choses intéressantes dont je pourrais vous entretenir, j'ai beaucoup réfléchi avant de me déterminer sur le sujet de cette leçon.

Après vous avoir fait connaître les corps en général et leurs divisions, après vous avoir expliqué ce qu'on entend par une force, vous avoir présenté un aperçu des lois suivant lesquelles les forces se combinent et se modifient pour produire le mouvement, après avoir examiné ce mouvement dans ses principales modifications, et vous avoir, enfin, fait connaître le petit nombre des forces dont l'homme peut disposer, il semblerait naturel de vous entretenir des machines simples ou composées, de leur but et de leurs effets.

Il semblerait encore, qu'il ne serait pas moins opportun d'étudier les phénomènes d'équilibre et de mouvement des liquides; mais je vous ferai remarquer, que ces différents sujets sont compris sous le nom de diverses sciences qu'on appelle la *statique* et la *dynamique*, l'*hydro-statique* et l'*hydro-dynamique*. Vous

savez tous que ce sont là des sciences d'application; vous savez aussi, qu'un grand nombre de livres élémentaires, ont été et sont chaque jour publiés afin de populariser ces importantes connaissances pratiques.

Il en résulte, que ces sciences ne peuvent rentrer dans un plan qui a pour but essentiel de présenter les lois générales de la nature, sans entrer dans le détail des phénomènes.

Il est vrai de dire qu'avec le petit nombre de principes que nous avons exposé jusqu'ici, on ne pourrait pas commettre de grandes erreurs dans aucun cas d'équilibre ou de mouvement des corps solides ou des corps liquides.

Il n'en est pas absolument de même à l'égard de la troisième espèce de corps que nous avons nommé *fluides élastiques*. Ils ont des manières toutes particulières de se comporter; il en est un surtout (l'air atmosphérique), qui intervient dans tous les phénomènes que nous pouvons observer, au milieu duquel ces phénomènes se passent nécessairement; en sorte que, beaucoup de ces phénomènes naturels pourraient demeurer parfaitement inintelligibles, pour quiconque connaîtrait les lois générales de la nature exposées jusqu'ici, mais sans avoir examiné spécialement les fluides élastiques.

Ces considérations m'ont déterminé à vous entretenir aujourd'hui, de ces sortes de corps qui se trouvent partout, et dont pourtant la connaissance remonte à un petit nombre d'années.

Les fluides élastiques sont des corps fort singuliers ils sont partout sans qu'on les voie, sans qu'on les sente, sans qu'on soit éclairé sur leur existence, par l'usage direct des sens.

Sous le point de vue physique, tous les fluides élastiques se ressemblent beaucoup les uns les autres; en sorte qu'il suffit presque d'en étudier un seul pour les connaître tous.

Si nous devons choisir un des nombreux fluides élastiques qui existent, aucun doute que nous devions donner la préférence à l'air atmosphérique, au milieu duquel et par lequel nous vivons.

Nous avons déjà dit qu'un fluide élastique était un corps dans lequel l'attraction était annullée par l'écartement des molécules qui se trouvaient ainsi complétement abandonnées aux forces répulsives du calorique; d'où nous avons conclu que ce corps n'avait ni figure, ni volume, ni densité propres, attendu que son volume dépend de la pression qu'il supporte; que sa figure est celle du vase qui le contient, et que sa densité est en raison inverse de son volume.

Il faut remarquer, que dans l'état naturel où se trouvent les fluides élastiques dont nous pouvons disposer, ils sont actuellement comprimés par la masse de l'atmosphère qui environne la terre. Cette pression qu'ils supportent tous, est la même pour chacun d'eux, et, dans cet état, ils offrent des densités très-différentes. Par exemple, l'acide carbonique a une densité de moitié plus grande, à peu près, que l'air atmosphérique; tandis que le gaz hydrogène pur a une densité presque quinze fois moindre.

Cette grande variété de densité, sous une pression uniforme, est, sous le point de vue physique, la principale différence qui existe entre les divers fluides élastiques. Ainsi donc, à part la densité et quelques phénomènes de couleur, il nous suffira d'étudier l'air atmosphérique, pour comprendre les autres corps de même nature.

Quand on considère un vase, ouvert par le haut, et que nous avons coutume d'appeler un vase vide, il faut bien comprendre que ce vase est plein d'air; l'air est retenu dans ce vase par la pression de l'atmosphère. Si l'on pose une feuille de papier sur l'orifice de ce vase, le volume d'air contenu sera séparé de l'air extérieur; mais la feuille de papier ne paraîtra affectée d'aucune pression; et, en effet, elle est pressée en-dessus par le poids de l'atmosphère, mais soutenue en-dessous par la force élastique de l'air du vase.

Il est évident que, pour le commun des hommes, ce vase ne contient rien, ou l'on doit croire que ce qu'il contient ne pèse

rien ; c'est l'idée qui a prédominé généralement jusqu'à Galilée, et c'est lui qui, le premier, s'est aperçu que l'air pesait quelque chose. On comprendra facilement cette longue erreur en considérant que les volumes d'air, contenus dans des vases, sont soutenus par l'air qui les environne.

Si l'on se représente un animal intelligent et expérimentateur, dont l'organisation lui permettrait de vivre au fond des mers, il est clair que pour lui, l'eau n'aurait aucun poids, car celle qu'il enfermerait dans un vase serait justement équilibrée par l'eau environnante.

Galilée s'est aperçu que l'air pesait quelque chose, par une expérience bien simple : il employait une petite pompe pour comprimer de l'air dans un ballon, et s'étant avisé de peser exactement ce ballon, il s'aperçut bientôt qu'il devenait de plus lourd en plus lourd à mesure qu'il y comprimait de l'air.

Depuis cette époque, Boyle, célèbre physicien anglais, a imaginé l'instrument très-utile et très-curieux, que l'on appelle une *machine pneumatique*. Sans entrer dans le détail de la structure de cet ingénieux instrument, il nous suffira de dire, qu'à l'aide de deux pompes construites avec la plus grande précision, on parvient aujourd'hui presque complétement à extraire l'air qui est contenu dans un vase fermé c'est-à-dire à 1/700e près.

Aujourd'hui, c'est à l'aide de la machine pneumatique que l'on pèse l'air ; on prend un ballon de verre muni d'un robinet, on mesure exactement sa capacité, on le pèse bien sec, et plein d'air, ensuite on y fait le vide et on le pèse de nouveau ; la différence des deux poids est évidemment le poids de l'air qui était d'abord contenu dans le ballon.

Il faut agir avec précision, tenir compte de la petite quantité d'air qu'on a laissée, en faisant le vide, de l'état présent de la pression atmosphérique de la température etc., et l'on s'assure ainsi, qu'un décimètre d'air ou un litre, pèse un gramme et

trois dixièmes, c'est-à-dire, qu'un mètre cube d'air, pèse un kilogramme et 300 grammes.

On est loin, généralement, de se faire une pareille idée du poids de l'air, et l'on ne saurait imaginer que dans une salle de réunion de 60 pieds de long sur 30 de largeur et 15 de hauteur, il y a assez d'air pour représenter un poids de 1,000 kilog. ou une tonne.

Cette notion fait comprendre comment l'air peut exercer une si grande influence dans tous les phénomènes naturels, et, surtout, comment ces grandes agitations qu'on appelle ouragans, peuvent produire de si terribles dévastations, renverser des habitations, soulever les vagues de la mer, déraciner des arbres, et déplacer les corps les plus pesants.

Ce n'est plus, en effet, un fluide léger, subtil, qui produit ces effets; c'est un corps pesant dont chaque mètre cube représente un boulet de deux livres.

Nous avons dit que l'air était élastique, c'est-à-dire, qu'il se laissait comprimer et revenait ensuite à son volume premier; cette importante propriété a besoin d'être étudiée plus spécialement. Si l'on enferme de l'air dans un tube transparent et muni d'une échelle de graduation, et si l'on suppose que sous la pression atmosphérique actuelle, il occupe dans ce tube un volume représenté par 40 degrés; si l'on vient à comprimer cet air d'une quantité double, c'est-à-dire, deux fois la pression atmosphérique, le volume se trouvera occuper 20 degrés de l'échelle ; si la pression devient quadruple, le volume de l'air sera réduit à dix ou un quart.

On conclut de cette expérience, que les volumes de l'air sont en raison inverse des pressions qu'ils supportent; mais, comme après la réduction, à la moitié de son volume sous une pression double, l'air supporte cette double pression, on en conclut que la force élastique de l'air est directement proportionnelle aux pressions qu'il supporte. Enfin, comme il y a autant de matière dans l'air

dont le volume est réduit à moitié ou au quart, que dans le volume primitif, on en conclut que les densités de l'air augmentent avec les pressions, ou sont en raison directe des pressions.

Ces trois faits capitaux constituent ce qu'on appelle la loi de Mariote, du nom de celui qui, le premier, l'a démontrée.

Une conclusion à tirer de cette loi de Mariote, c'est que l'air est un ressort parfait que rien ne peut fausser et que rien ne peut rompre.

Dans une foule de cas, sous une voiture, par exemple, on place des ressorts en acier, mais ils se faussent, ils se cassent quelquefois; remplacez ces ressorts par des volumes d'air, renfermés dans des capacités, vous aurez des ressorts parfaits. Les coussins, les matelas que l'on gonfle avec de l'air, et dont on fait déjà de fréquents usages, sont des exemples de cette application.

Une autre conséquence de la loi de Mariote, ou de la parfaite élasticité de l'air, c'est que si vous avez dépensé un effort quelconque à comprimer un certain volume d'air, il sera capable, en se dilatant, de restituer complétement l'effort qui l'a comprimé; de là, la perfection avec laquelle les ballons pleins d'air, rebondissent sur le sol.

Cette dernière considération est susceptible d'applications industrielles du plus haut intérêt. On conçoit, en effet, qu'il est facile de comprimer de l'air dans des lieux convenables, et dans des réservoirs fixes; que l'on peut ensuite transmettre cet air comprimé, à des distances indéfinies, au moyen de tuyaux ; mais il est évident qu'en quelques points de ces tuyaux que vous veuilliez disposer de cet air comprimé, il sera capable de reproduire tout l'effort mécanique qui aura été dépensé dans sa compression.

Placez maintenant le long d'un chemin de fer un tuyau chargé de cet air comprimé; placez sur les rails, une locomotive sans chaudière et sans feu, mais faites que ses deux corps de pompe puissent communiquer avec le tuyau chargé d'air comprimé, la

machine marchera; ce ne sera plus une machine à vapeur, ce sera une machine à air comprimé qui vaut beaucoup mieux et qui est beaucoup plus simple.

Nous venons d'esquisser le nouveau système de chemin de fer proposé par M. Jobard, l'ingénieux directeur du Musée de l'industrie.

Il n'y a pas de doute que ce nouveau système n'ait de grandes chances de succès dans l'application, surtout relativement aux locomotives qui sont aujourd'hui en usage; car, il faut le dire, quelque brillants et quelque séduisants que paraissent les résultats obtenus jusqu'aujourd'hui sur les chemins de fer, on doit bien comprendre que les locomotives sont réellement l'enfance de l'art. Il faut savoir que la dépense en combustible est dix fois trop grande, que les frais de réparation sont cent fois trop considérables, et que tout homme réfléchi qui s'occupe de ces matières, doit avoir pour point fixe de ses idées, d'engendrer la force dans des machines fixes, et de la transmettre par des tuyaux.

Indépendamment des propriétés physiques que nous venons de signaler, l'air présente quelques propriétés chimiques qu'il nous est indispensable de connaître. L'air n'est point un gaz simple; c'est un mélange de beaucoup de substances gazeuses, dont les unes présentent des proportions constantes, et les autres des proportions variables.

Les principaux éléments de l'air sont : le *gaz azote* et le *gaz oxygène*. Le gaz azote dont le nom veut dire, qui prive de la vie, n'est point comme cette étymologie pourrait le faire croire, une chose nuisible, un poison, mais c'est tout simplement un gaz qui n'est pas capable d'entretenir la vie, qui ne peut pas entretenir la combustion, c'est un élément neutre qui semble n'avoir pour effet, que de diminuer l'énergie de l'oxygène; c'est un véhicule : c'est l'eau dans la limonade.

Le gaz oxygène, au contraire, est le corps le plus actif que nous connaissions; il tend, avec la plus grande énergie, à s'unir

à se combiner avec beaucoup d'autres corps. Tous les combustibles, et le fer lui-même, brûlent, avec une grande violence et un grand éclat, dans cet oxygène qui est indispensable à l'existence de tous les animaux, et, d'après tout ce que nous en savons, s'il était pur, il détruirait rapidement ces mêmes organisations dont il entretient aujourd'hui le jeu et les fonctions.

Cent parties d'air atmosphériques contiennent 79 parties d'azote et 21 d'oxygène. On sent, d'après l'importance des propriétés de ces gaz, par rapport aux animaux, que cette proportion devait être constante, et en effet, dans quelque lieu du monde que l'on prenne de l'air, pourvu que ce soit dans un espace libre, on l'a toujours trouvé, jusqu'ici, composé exactement de la même manière, sous le point de vue de l'azote et de l'oxygène. Au contraire, si l'on examine de l'air pris dans un lieu resserré, encombré d'animaux, la proportion d'oxygène est un peu plus faible; il paraît même, que dans les rues des grandes villes, on peut découvrir presqu'un millième de différence, et c'est, sans doute, à cette cause si minime qu'elle paraisse, qu'il faut attribuer la grande différence de l'état de santé des hommes dans les grandes villes ou à la campagne.

L'uniformité actuelle de composition de l'air s'explique en admettant que les animaux absorbent l'oxygène et exhalent de l'acide carbonique, et que les végétaux absorbent de l'acide carbonique et exhalent de l'oxygène, et en se représentant, d'ailleurs que ces vents continuels, dont nous nous plaignons si souvent, ont pour effet utile de mêler continuellement toutes les parties de l'atmosphère les unes avec les autres.

Indépendamment de l'azote et de l'oxygène, l'air contient toujours une certaine proportion d'acide carbonique, qui est aussi nécessaire à la vie des végétaux, que l'oxygène à celle des animaux; la proportion de cet acide carbonique est très-petite, et elle varie de un centième à deux millièmes.

L'air contient encore et constamment, de l'eau en vapeur dont

la quantité varie beaucoup avec la température, et qui s'étend de 16 millièmes à 3 millièmes.

Dans ces derniers temps on a constaté que l'air atmosphérique contient, toujours et partout, une petite quantité de gaz hydrogène.

Enfin, l'air atmosphérique doit contenir et contient, en effet, une petite quantité de tous les corps capables de se réduire en vapeur, à la température ordinaire, et on peut dire qu'il n'y a presque pas de corps qui n'en soient susceptibles, puisque le fer et le cuivre ont une odeur caractéristique.

Indépendamment de toutes les choses que nous venons de signaler, et qu'une analyse chimique délicate peut découvrir dans l'air atmosphérique, il s'y rencontre, malheureusement, encore une sorte de chose qui échappe à tous nos instruments, dont nous ne pouvons pas constater la présence, et à plus forte raison, déterminer la quantité; cette chose, dont nous ignorons jusqu'à la nature, a pourtant un nom : cela s'appelle *des miasmes*. On suppose que ce sont des émanations provenant du sol lui-même, ou se dégageant du corps de l'homme.

Ces émanations s'annoncent par leurs effets, qui sont ou des maladies endémiques, ou des épidémies, ou des infections locales qui produisent de grandes mortalités.

Le voisinage d'un marais produit des fièvres intermittentes : le voyageur n'échappe à l'influence des marais Pontins, qu'en les traversant sans s'arrêter. La variole et beaucoup d'autres maladies contagieuses, se développent souvent par épidémies; enfin, les habitations communes dans lesquelles on renferme beaucoup d'hommes à la fois exercent par cela même une influence fâcheuse sur la santé, et si ces hommes sont malades, l'influence devient encore bien plus grave.

Cent malades, réunis dans une même salle, ont beaucoup moins de chances de salut que lorsqu'ils sont distribués dans un grand nombre de petites pièces; cela ne tient pas à la compo-

sition de l'air qui peut être renouvelé aussi complétement et aussi souvent dans une grande salle que dans une petite ; cela tient à des émanations provenant des corps vivants malades, et nous disons des corps vivants, parce qu'en effet, des corps morts, fussent-ils abandonnés à la putréfaction, exhaleraient des produits moins dangereux que des vivants réunis en grand nombre.

Jusqu'ici, nous avons considéré l'air sous un volume limité et dans les propriétés qu'il développe en petites masses; nous devons maintenant nous occuper de l'*atmosphère,* et il est bien utile de ne pas confondre ces deux expressions : *air atmosphérique* et *atmosphère.* L'air atmosphérique, c'est ce fluide élastique que nous venons d'étudier dans l'état où il se présente à nous à la surface du globe.

L'atmosphère, c'est une enveloppe générale de la terre, une couche à peu près uniformément distribuée à sa surface, et qui se comporte de manière à exercer la plus grande influence sur tous les phénomènes naturels.

Atmosphère veut dire *sphère de vapeur;* c'était probablement l'idée qu'en avaient les anciens; elle n'est pas absolument fausse, puisque nous savons qu'il y a toujours beaucoup de vapeur dans cette atmosphère.

Les expériences et le calcul démontrent que l'atmosphère n'a pas au delà de 15 à 16 lieues d'épaisseur, en sorte qu'à 17 lieues de distance de la terre, en ligne verticale, l'espace est complétement vide.

On voit que cette couche environnant le globe n'a qu'une bien petite épaisseur relativement au rayon de la terre, qui est de 1,432 lieues, car cela ne représente guère plus d'un centième de ce rayon ; c'est à peu près comme la couche d'eau qui reste attachée à une bille que l'on a trempée dans ce liquide; ce qui nous permet de concevoir comment l'atmosphère accompagne la terre dans tous ses mouvements et même, en général, tourne avec elle autour de son axe incliné.

Nous savons que l'atmosphère est formée de fluides élastiques, c'est-à-dire, de couches successives qui doivent se comprimer les unes les autres ; le résultat total de toutes ces pressions, observées au niveau de la terre, c'est ce qu'on appelle *la pression atmosphérique;* mais si nous supposons toute l'atmosphère divisée sur sa hauteur en 15 couches d'une lieue d'épaisseur chacune, il est évident que la couche qui touche le globe sera comprimée par 14 couches, la couche suivante ne sera plus comprimée que par 13, et ainsi de suite.

Mais nous avons vu que les gaz ont des densités qui sont en raison inverse des pressions qu'ils supportent, en sorte qu'en s'élevant dans l'atmosphère, on rencontre successivement des couches d'air de moins en moins denses, ou qui pèsent de moins en moins pour une égale épaisseur.

Il en résulte que quand on s'élève dans l'air, la pression atmosphérique diminue pour deux raisons : 1° parce que le nombre de couches qui pressent est diminué ; 2° parce que chacune de ces couches devient elle-même moins pesante à mesure qu'on la considère plus haut.

Il découle naturellement de ces faits, que quand on s'élève dans l'atmosphère, sa pression décroît beaucoup plus rapidement que les élévations ne s'accroissent.

Nous essayerons de fixer ces idées par quelques chiffres.

A la surface de la terre, une couche d'air de 10 mètres d'épaisseur représente, à peu près, une colonne de mercure d'un millimètre de hauteur. Dans les limites des petites élévations, cette mesure paraît exacte, et, en effet, deux baromètres placés l'un à l'Observatoire de Paris et l'autre à l'École de Médecine, présentent constamment une différence d'un millimètre ; mais il n'en est plus de même quand on s'élève un peu plus haut : à une lieue d'élévation dans l'air, la pression de l'atmosphère n'est plus que la moitié de ce qu'elle est au niveau de la mer, quoiqu'on ne se soit encore élevé qu'à un 15e de son épaisseur.

Nous verrons tout à l'heure, qu'on a pu se servir avantageusement de cette circonstance, pour mesurer la hauteur des montagnes, ou constater jusqu'à quel point on s'est élevé dans un ballon.

La pression de l'atmosphère, telle qu'elle est à la surface du globe, doit s'exercer et s'exerce, en effet, sur tous les corps que nous connaissons; et comme les particules de l'air sont éminemment mobiles et élastiques, cette pression doit se transmettre dans tous les sens avec une parfaite égalité; cette circonstance est bien importante, car cette pression est énorme; si, comme la plupart des efforts mécaniques, elle n'agissait que dans un sens, elle serait capable d'écraser les corps les plus solides.

En effet, la pression exercée par l'atmosphère sur un décimètre carré de surface, équivaut à un poids de 102 kilogrammes 6 dixièmes.

Si l'on considère une feuille de papier de cette dimension et maintenue dans une position horizontale, on a peine à se persuader que sa face supérieure supporte un poids de 102 kilog.; on l'explique en disant que sa face inférieure est pressée de son côté par une force exactement égale, qui détruit complétement les effets de la première.

Pour démontrer aux yeux cette vérité importante, on fait en physique l'expérience suivante : on se procure un cylindre de cristal, ouvert par les deux bouts, on ferme une des ouvertures avec une vessie mouillée, fortement liée autour du verre, puis on la laisse sécher, cette vessie devient parfaitement plane, car elle est également et uniformément pressée sur ses deux faces, mais si l'on place ce manchon sur la platine d'une machine pneumatique, aussitôt que l'on commencera à faire le vide dans le vase, la face supérieure de la vessie deviendra concave; car, en effet, l'air intérieur n'a plus la force élastique nécessaire pour supporter entièrement la pression atmosphérique; si l'on continue à faire le vide, la vessie se creusera et se tendra de plus en plus, et par une légère percussion du doigt, elle crèvera tout à coup avec une

grande explosion; le bruit sera produit par la rentrée de l'air dans le vide qu'on avait produit au-dessous de la vessie.

C'était une question d'une bien grande importance, que de découvrir un moyen de mesurer la pression de l'atmosphère qui joue déjà un si grand rôle, quand ce ne serait que sous le rapport mécanique.

Nous avons vu que le poids de l'air avait été découvert par Galilée; mais c'est à Toricelli, son disciple, que nous devons la mesure de la pression atmosphérique,

On sait que dans une pompe aspirante, quand on élève le piston, l'eau s'élève en suivant ce piston, et cela bien au-dessus de son niveau ordinaire. Dans la Philosophie d'Aristote, on expliquait ce fait et beaucoup d'autres, en disant que la nature avait horreur du vide; cependant, des pompiers de Florence, ayant construit une pompe dont le piston aspirateur était placé à plus de trente-deux pieds au-dessus du niveau de l'eau, ils observèrent que l'eau ne s'élevait jamais qu'à environ trente-deux pieds.

Galilée, ayant été consulté par eux sur ce phénomène, leur répondit qu'apparemment la nature n'avait horreur du vide que jusqu'à trente-deux pieds ; il paraît certain que cette réponse était dérisoire, et que déjà Galilée comprenait vaguement les effets de la pression atmosphérique.

Thoricelli a réalisé une des plus belles expériences qu'il ait été donné à l'homme de concevoir ! Il a pris un tube de verre de 30 à 32 pouces de longueur, il a fermé ce tube par une de ses extrémités, puis, il l'a complétement rempli de mercure, après quoi, tenant l'ouverture libre fermée avec le doigt, il a renversé ce tube de manière à faire plonger cette extrémité ouverte dans un vase également plein de mercure; en ôtant le doigt, on aurait pu s'attendre à ce que tout le mercure retombât dans la cuvette, mais il n'en fut rien; la colonne de mercure descendit bien, en effet, de quelque chose, se livra à quelques

oscillations, et, enfin, s'arrêta dans le tube à une hauteur d'environ vingt-huit pouces au-dessus du niveau du mercure dans la cuvette. Cet appareil primitif, c'est le tube de Thoricelli ; cet appareil perfectionné, c'est le baromètre.

On pouvait se demander ce qui soutenait le mercure dans l'intérieur du tube, ce n'était pas l'horreur du vide, car toute la partie du tube excédant 28 pouces demeurait complétement vide; Thoricelli établit que toute la surface de la cuvette était exposée à la pression atmosphérique, tandis que la petite surface circulaire, contenue dans l'intérieur du tube, en était préservée par l'extrémité fermée du même tube; il déclara, en conséquence, qu'une colonne de mercure de 28 pouces de hauteur faisait précisément équilibre à une pression atmosphérique.

On conçoit que si l'on employait de l'eau, au lieu de mercure, la colonne devrait avoir treize fois et demie la hauteur de la colonne de mercure, c'est-à-dire, 31 à 32 pieds. L'expérience a, en effet, été répétée en confirmation de celle de Thoricelli.

Pascal, dont le génie si positif allait droit au fond des questions, posa immédiatement cette proposition : Si c'est la pression de l'air qui soutient le mercure dans le tube, le mercure doit descendre à mesure qu'on s'élève dans l'air; l'expérience fut, en effet, répétée avec deux tubes semblables, dont l'un fut laissé au pied du Puy de Dôme, et l'autre élevé sur son sommet. Aujourd'hui tout le monde saurait prévoir le résultat de cette expérience; mais alors elle inspirait le plus vif intérêt, et servit de confirmation à la théorie de Thoricelli qui, depuis lors, fut généralement admise.

Un baromètre n'est jamais autre chose, au fond, que le tube de Thoricelli; seulement le tube doit être parfaitement sec et le mercure parfaitement pur; et pour avoir un bon baromètre, il faut faire bouillir le mercure dans le tube même où on vient de l'introduire.

On a donné au baromètre des formes très-variées; le baro-

mètre à cuvette est celui qui se rapproche le plus de celui de Thoricelli. On fait des baromètres à syphon, dans lesquels le mercure monte dans une branche quand il descend dans l'autre; on fait des baromètres à cadran, dans lesquels une grande aiguille est mise en mouvement par un petit flotteur placé à la surface du mercure dans la courte branche du syphon. Fortin et Gay-Lussac ont attaché leurs noms, le premier à un baromètre à cuvette à niveau constant; le second, à un baromètre portatif qui ne se dérange jamais, et qu'on peut enfermer dans une canne.

Dès qu'on a possédé le baromètre, on s'est bientôt aperçu que la pression atmosphérique était très-variable; on a constaté que la hauteur de la colonne de mercure était de 760 millimètres au niveau de la mer; on a vu qu'elle diminuait en s'élevant dans l'air, et de Laplace a trouvé une formule qui donne, avec beaucoup d'exactitude, la hauteur du baromètre à différents points d'élévation, ou plus tôt la hauteur réelle d'un point donné, connaissant la hauteur barométrique dans ce point, et sur un autre point de comparaison; voilà un moyen bien commode et bien imprévu pour mesurer, sans aucune opération géodésique, la hauteur de toutes les montagnes, et pour déterminer, même dans un ballon, précisément à quelle hauteur on se trouve dans l'atmosphère.

Mais la hauteur du baromètre varie encore par des causes bien différentes dans un même lieu; à Paris, par exemple, le baromètre a deux maxima et deux minima d'élévation dans la journée; ces variations sont peu considérables, mais très-constantes; on les appelle : *variations diurnes*.

Le baromètre monte ou descend d'une manière très-irrégulière, et pour des causes qui paraissent tout à fait accidentelles : on pense ordinairement que son abaissement indique la pluie ou un temps couvert, tandis que son élévation présage le beau temps ou un ciel serein.

Aucune explication bien satisfaisante n'a encore été donnée de ces variations accidentelles, il paraît cependant qu'elles doivent être attribuées à l'influence des vents; en effet, dans les zones torrides, où les vents sont constants, le baromètre n'éprouve pas ces variations accidentelles, et les variations diurnes en deviennent beaucoup plus distinctes. Un abaissement subit du baromètre est un indice presque certain d'un coup de vent plus ou moins violent; c'est pourquoi les commandants de vaisseaux ont dans leur cabine deux baromètres suspendus qu'ils doivent consulter à chaque instant.

Les variations accidentelles ont assez peu d'étendue à Paris et à Bruxelles, et elles ne dépassent guère 6 à 7 centimètres.

Les effets de la pression atmosphérique sur les êtres vivants sont on ne peut plus extraordinaires, et exercent une grande influence sur leur santé.

Si l'on calcule approximativement la surface du corps d'un homme de moyenne taille, on trouve que la pression exercée sur sa peau par l'atmosphère, est au moins de 16,000 kilogrammes; on a peine à comprendre qu'une pression si considérable soit pourtant tout à fait inaperçue; pour se rendre compte de ce phénomène, il faut se représenter que les organes de l'homme se trouvent partout remplis, soit de liquides qui sont tout à fait incompressibles, soit de fluides élastiques qui ont justement le ressort nécessaire pour supporter la pression de l'atmosphère ;en sorte qu'il n'y a pas une petite lamelle, composant le tissu de nos organes, qui ne se trouve pressée, sur ses deux faces, par deux forces précisément égales; toutes ces lamelles se trouvent donc exactement dans le même cas que la feuille de papier qui flotte dans l'air, et que nous avons prise d'abord pour exemple.

Si la pression supportée par le corps de l'homme paraît extraordinaire, le fait est encore bien plus surprenant pour les poissons; nous savons, en effet, qu'une colonne d'eau de

32 pieds de hauteur, représente une pression atmosphérique ; ainsi, un poisson qui vit à 32 pieds de profondeur dans l'eau, supporte deux pressions atmosphériques ; mais, il y a des poissons qui vivent à plusieurs milliers de mètres sous l'eau, on peut se figurer l'énorme pression que leurs organes supportent.

On remarque, d'ailleurs, un fait assez curieux, qui donne une preuve de cette grande compression, on sait que beaucoup de poissons contiennent, dans l'intérieur de leurs corps, ce qu'on appelle une *vessie natatoire;* c'est pour eux un moyen de se maintenir sous l'eau dans une situation convenable, et même de monter et de descendre en distendant ou comprimant cette vessie ; or, il arrive que lorsqu'on pêche un poisson à une grande profondeur sous l'eau, cette vessie natatoire se dilate à mesure que le poisson s'approche de la surface, jusqu'au point de remplir tout le corps du poisson, et même de faire saillie au dehors de sa bouche. C'est une des principales raisons pour lesquelles on ne peut pas conserver vivants les poissons de mer qui se pêchent à une certaine profondeur.

L'homme, lui-même, peut subir une grande augmentation de pression extérieure; tout le monde connaît la cloche du plongeur; c'est, en effet, comme le nom l'indique, une vaste cloche métallique renversée, sous laquelle on place un homme et que l'on descend au moyen d'une chaîne jusqu'à de grandes profondeurs, pour exécuter des travaux sous-marins. Cet air, ainsi renfermé sous la cloche, est renouvelé, soit par une pompe, soit par tout autre moyen; mais on conçoit qu'un homme, ainsi descendu à 32 pieds, supporte une pression de 32 mille kilog., et qu'à 64 pieds il supporte une pression de 48 mille kilog.

Il est remarquable que des augmentations de pressions, même très-considérables, n'exercent aucune influence fâcheuse sur les fonctions de l'homme, tandis que les diminutions de pressions lui sont, au contraire, très-nuisibles.

Nous venons de voir que l'homme supporte très-bien trois

pressions atmosphériques ; si, au contraire, un homme s'élève dans un ballon, quand la pression atmosphérique sera diminuée de moitié, le voyageur éprouvera de l'étouffement, des tintements d'oreille, des vertiges, et même des hémorragies par le nez et par les oreilles.

En examinant les effets des différences de pression relativement aux petites différences accidentelles que peut présenter la hauteur du baromètre, on trouve que quand le baromètre est élevé, nous éprouvons un sentiment de bien-être et d'hilarité, tandis qu'au contraire, lorsque le baromètre est bas, il en résulte un sentiment de fatigue et de malaise; ce qu'il y a de particulier à cet égard, c'est que ce sentiment de malaise nous fait dire, en général, que le temps est lourd ; en sorte que nous exprimons le contraire de la vérité, et que nous trouvons le temps lourd quand l'atmosphère est légère et le temps léger, quand l'atmosphère est plus lourde.

Quelques médecins ont même attribué le surcroît de malaise qu'éprouvent les malades vers le soir, à ce que cette époque de la journée coïncide avec un des abaissements diurnes du baromètre dont nous avons parlé.

Ces notions de physique ont été mises à profit dans ces derniers temps pour le traitement de certaines maladies; on a construit des chambres en fer, dans lesquelles on pouvait faire vivre un malade dans un air constamment comprimé, et l'on a trouvé que des inflammations des bronches, des affections catarrhales et même des enrouements de chanteurs célèbres, ont été promptement guéris par quelque séjour dans l'appareil que nous venons d'indiquer.

On explique ces phénomènes curieux, en admettant que nos vaisseaux font mieux circuler les fluides quand ils sont plus comprimés à l'extérieur, et que par suite, toutes nos fonctions s'exécutent mieux.

La pression atmosphérique joue un rôle très-important dans

une foule de machines usuelles dont nous citerons seulement quelques-unes.

Le *syphon* est comme on sait un tube recourbé, dont une branche est plus longue que l'autre; on remplit ce tube d'eau, et si l'on plonge la plus courte branche dans un vase rempli du même liquide, l'eau s'écoulera par la longue branche du syphon jusqu'à ce que ce vase soit vide. Voici la théorie de cet instrument : au bas de la longue branche, il y a une pression atmosphérique, au bout de la courte branche, il y en a une autre parfaitement égale ; mais si l'une des deux branches a, je suppose, un pied de plus que l'autre, la plus longue colonne entraînera la plus courte, et l'eau coulera dans le syphon. En effet, la partie supérieure de ce syphon ne peut pas rester vide puisque les deux colonnes d'eau y sont poussées par la pression de l'atmosphère; pour que le syphon cessât de fonctionner, il faudrait que sa courte branche eut plus de trente-deux pieds de hauteur.

Si l'on prend un vase cylindrique, qu'on le remplisse d'eau, et qu'on le retourne dans une cuve, de manière à faire glisser son extrémité ouverte sur une petite tablette que l'eau de la cuve recouvre, cette cloche demeurera pleine d'eau ; la même chose arriverait encore si, après avoir rempli la cloche, on la couvrait d'un rond de papier, et si maintenant d'abord, ce papier avec la paume de la main on renversait tout à coup la cloche, l'eau resterait en l'air, supportée en apparence par la feuille de papier; mais en réalité, par la pression atmosphérique qui agit sur elle.

Une pompe aspirante ordinaire, est une machine dans laquelle on tend à faire le vide avec un piston, mais l'eau monte à la suite de ce piston par l'effet de la pression de l'air, pourvu, toutefois, que la pompe n'ait pas plus de 32 pieds. Pour obvier à cette limite, on place dans le piston même une soupape qui s'ouvre quand le piston descend, et qui se ferme quand le pis-

ton monte; on peut alors limiter l'aspiration à quelques pieds seulement; arrivée là, l'eau passe par-dessus le piston, et alors l'eau n'est plus aspirée, mais enlevée par un effort tout mécanique, aussi la hauteur à laquelle ces pompes peuvent élever de l'eau, n'a pas d'autres limites que la solidité des appareils et la force dont on dispose.

Les cabinets de physique sont remplis d'appareils plus ou moins ingénieux et singuliers dans leurs résultats, et dont le jeu est fondé sur les principes que nous venons d'établir; telles sont les principales fontaines intermittentes, la fontaine de Héron, etc.

Indépendamment des grands effets mécaniques ou chimiques, que l'atmosphère produit autour de nous, elle a encore un effet d'une bien grande importance pour les êtres organisées, elle sert à transmettre les sons.

Nous avons vu que les gaz étaient des corps parfaitement élastiques; or, s'il arrive qu'une cloche soit frappée, qu'une corde soit pincée, en un mot, qu'un corps élastique quelconque soit mis en vibration, les vibrations de ce corps seront communiquées à l'air qui l'environne, et de proche en proche, à travers cet air jusqu'à l'organe de l'ouïe, qui est disposé pour sentir et apprécier ces vibrations. Ces sortes d'agitations de l'air forment ce qu'on appelle des ondulations qui sont tout à fait comparables à cette multitude de cercles concentriques qui se forment à la surface d'une eau tranquille, quand on y laisse tomber une petite pierre. Les ondulations qui constituent le son se transmettent du corps sonore qui en forme le centre, à toutes la périphérie et dans toutes les directions ; ce qui est cause que l'intensité du son diminue rapidement, à mesure que la distance augmente.

On démontre en physique que l'air est bien le véhicule du son au moyen d'une expérience décisive, on place un timbre frappé continuellement par un marteau mu par un petit mou-

vement d'horlogerie sous une cloche posée sur la platine d'une machine pneumatique, tant qu'il y a de l'air dans la cloche, on entend le timbre, mais aussitôt qu'on a fait le vide, on voit toujours le marteau frapper, mais le son ne parvient plus à l'oreille.

De ce que l'air est le véhicule ordinaire du son, il ne faudrait pas en conclure que les autres corps ne puissent pas le transmettre : au contraire, tous les corps solides et même les liquides transmettent le son à l'organe de l'ouïe, et cela même avec plus de vitesse et d'intensité que l'air ; mais il est nécessaire que ces corps solides ou liquides soient en contact, d'une part, avec le corps sonore, et de l'autre avec l'organe de l'ouïe, et l'on conçoit qu'il n'y a guère que l'air atmosphérique qui remplisse habituellement ces deux conditions.

Les vibrations se transmettent dans l'air avec une vitesse qui a été mesurée avec beaucoup de soin, et qui n'éprouve que de légères variations sous l'influence de la température, de la pression atmosphérique et de l'humidité. En général, le son parcourt dans l'air 335 mètres en une seconde ; on voit que cette marche, quoique rapide, l'est infiniment moins que celle de la lumière; il résulte de cette différence un certain nombre de phénomènes remarquables.

Si l'on regarde de loin un bûcheron frappant avec sa cognée, on voit le coup de hache quelque temps avant d'en entendre le bruit.

Quand on regarde une pièce de canon qui fait feu, on voit la lumière bien longtemps avant d'entendre l'explosion, il en est de même à l'égard de la foudre, l'éclair brille et le bruit ne s'entend que longtemps après, c'est même un excellent moyen de mesurer à peu près la distance où se trouve un orage ; en observant l'éclair et comptant le nombre de battements du pouls qui séparera cet éclair du bruit de la foudre, on sera assuré que l'orage sera placé à autant de fois 335 mètres que l'on aura compté de battements du pouls, supposant que celui-

ci batte des secondes, ce qui, en effet, est la moyenne ordinaire de sa vitesse.

Ce qu'il y a de plus extraordinaire dans la transmission des sons par l'air, c'est la faculté, que possède celui-ci, de transmettre, à la fois, un grand nombre de sons divers, et de les transmettre avec la même vitesse depuis les plus graves jusqu'aux plus aigus. Il faut bien, en effet, qu'il en soit ainsi, puisque les effets d'un orchestre se transmettent, à la fois, et à de grandes-distances, sans aucun trouble ni dérangement, et l'on conçoit qu'il suffirait que les sons graves, par exemple, marchassent un peu plus lentement que les sons aigus, pour qu'il en résultât à quelque distance la plus horrible cacophonie.

Les ondulations de l'air atmosphérique, qui transmettent les sons dans l'espace, sont susceptibles d'être répercutées ou réfléchies par des surfaces solides ; ainsi, quand on produit un son à une certaine distance d'une grande muraille, on entend d'abord sa propre voix, et puis, un peu plus tard, un autre son plus faible, c'est ce qu'on appelle un *écho* : on trouve, dans les pays de montagnes, certains sites particuliers où des surfaces naturelles sont disposées de manière à reproduire plusieurs fois un son, et même une série de sons ou de paroles.

Ces échos, si curieux comme objets naturels, ont de grands inconvénients dans les salles de spectacle ou de concerts, en mêlant les sons secondaires aux sons produits; aussi doit-on, en pareil cas, éviter, avec grand soin, les grandes surfaces planes et les voûtes unies.

Nous avons dit que les corps solides transmettaient les sons avec beaucoup d'intensité et de vitesse : l'expérience suivante en est la preuve ; si deux personnes se placent aux deux bouts d'une longue pièce de sapin, que l'un applique son oreille sur l'extrémité de la poutre, et que l'autre gratte légèrement le bois avec une épingle, ce bruit sera entendu par

le premier, comme s'il était produit dans son oreille même.

Notre célèbre Laënnec a tiré un grand parti de cette propriété, dans l'invention de l'admirable instrument qu'il a nommé *sthétoscope;* ce n'est, en principe, qu'un cylindre de bois blanc, d'un pied au plus de longueur; en posant l'un des bouts de ce cylindre sur la poitrine d'un malade, et appliquant l'oreille à l'autre bout, on entend distinctement tous les bruits qui peuvent se produire dans le cœur, dans les gros vaisseaux et dans toutes les parties de la poitrine.

On a imaginé plusieurs instruments propres à modifier la transmission des sons dans l'air; ainsi, le porte-voix est un tuyau conique, muni à sa petite extrémité d'une embouchure dans laquelle se loge la bouche; l'autre extrémité se termine en un large pavillon. Quand on parle avec cet instrument, les sons se transmettent avec beaucoup de force dans la direction de son axe, et d'autant plus faiblement dans toute autre direction.

Le cornet acoustique est ce même instrument renversé; le pavillon est tourné du côté d'où viennent les sons, et la petite extrémité s'introduit dans l'oreille; le plus faible bruit, produit à l'extérieur, se transmet alors avec beaucoup de force à l'organe de l'ouïe : c'est un instrument d'une grande ressource pour les personnes qui sont frappées de surdité incomplète.

On a coutume de fonder l'explication de l'effet de ces deux instruments sur la réflexion des rayons sonores; c'est une grande erreur, d'abord, parce qu'il n'existe pas de rayons sonores et que le son, comme nous l'avons vu, se transmet par ondulations; ensuite, parce que ces cornets peuvent être indifféremment droits ou contournés, et que, dans ce dernier cas, aucun rayon réfléchi par les parois internes, ne saurait pénétrer jusqu'au sommet du cône.

Voici la véritable théorie de ces effets remarquables.

Dans la production du son à l'air libre, les ondulations se transmettent dans toutes les directions; dans le porte-voix, elles

ne peuvent se transmettre que dans la direction de l'axe, et elles gagnent en intensité ce qu'elles auraient perdu par leur diffusion; dans le cornet acoustique, toutes les vibrations qui se produisent vis-à-vis la large ouverture se transmettent de proche en proche à des couches d'air de plus en plus petites, et l'effet de l'ensemble de ces vibrations finit par se transmettre au petit nombre de molécules d'air qui touchent le tympan, ce qui accroît considérablement l'intensité de leurs mouvements.

Quelques phénomènes vulgaires s'expliquent par la même théorie; si deux personnes se placent le long d'un mur droit, et si l'une d'elles parle la bouche près du mur, et que l'autre place son oreille de la même manière à une grande distance, les sons produits seront perçus beaucoup plus distinctement qu'en parlant en plein air; on conçoit que la présence du mur diminue précisément de moitié la dispersion des ondulations.

Il y a au Conservatoire des arts et métiers de Paris une vaste salle voûtée, à pleins cintres, se croisant, à angle droit; une personne parlant très-bas, dans l'angle rentrant des deux murailles, est entendue distinctement d'une personne placée dans l'angle diagonalement opposé.

S'il est vrai que l'air ait une élasticité parfaite et que le son marche par ondulations, il est évident que, dans un canal parfaitement cylindrique, le son ne devra éprouver aucune déperdition d'intensité, quelle que soit la longueur du canal.

M. Biot a constaté, en effet, qu'aux deux extrémités d'un tuyau de fonte, ayant 500 mètres de longueur, placé dans les égouts de Paris, et destiné à transmettre les eaux du canal de l'Ourque, il était impossible de parler assez bas, à une extrémité, pour n'être pas entendu distinctement à l'autre.

On a déjà fait quelques applications utiles de ce principe; il y a en Prusse une communication de ce genre, au moyen d'un tuyau d'un pouce de diamètre, et à l'aide duquel les interlocuteurs conversent facilement à plus d'une lieue de distance.

Nous connaissons un assez grand nombre de maisons et d'établissements dans lesquels on communique, verbalement, à tous les points nécessaires et par le moyen de ces tuyaux qui se placent, inaperçus, dans l'habitation, à peu près comme on pose des cordons de sonnette.

On peut être surpris qu'un moyen aussi commode et aussi simple ne soit pas généralisé, surtout dans la vie privée; en effet, le meilleur moyen qu'on ait trouvé jusqu'à présent, c'est l'usage de la sonnette; celle-ci n'a d'autre effet que d'avertir le domestique qui doit se déplacer, pour recevoir l'ordre, retourner et revenir encore pour l'accomplir; il est évident que la transmission directe de l'ordre économise exactement la moitié du temps et de la peine.

Ce qui a pu nuire à l'adoption générale de ce moyen, c'est l'idée que les tuyaux devaient être gros, et que les coudes pouvaient nuire à la transmission, tandis qu'un tuyau d'un pouce est plus que suffisant pour parler à de grandes distances, et que les coudes, quelque nombreux qu'ils soient, ne peuvent nuire à la transmission.

On a fait à Paris une application particulière de ce petit moyen, qui n'est pas sans intérêt, on place dans l'intérieur d'une voiture un tuyau flexible, muni d'une embouchure et qui se termine en dehors par un petit entonnoir près du cocher ou des domestiques, on peut ainsi donner ses ordres sans ouvrir les portières ni les glaces.

Non-seulement l'air atmosphérique doit être considéré comme le véhicule ordinaire du son, mais encore un certain volume d'air renfermé dans une capacité quelconque, peut devenir lui-même un corps sonore et produire à volonté, tous les sons que l'on désire; tous les instruments à vent sont fondés sur ce principe, ce n'est pas le corps de ces instruments qui produit le son, mais bien la colonne d'air que ces instruments renferment, les différents sons produits dépendent de la longueur de cette colonne d'air,

absolument comme on obtient d'une corde tendue des sons d'autant plus aigus qu'elle devient plus courte; les orgues de nos églises ne sont autre chose qu'un assemblage de tuyaux de différentes longueurs et diamètres renfermant des volumes d'air très-variés, qui produisent chacun un son relatif à sa dimension.

Les corps sonores ordinaires sont mis en vibration, soit en les frappant avec un marteau, soit en les frottant avec un archet; il est évident que ces moyens n'étaient pas applicables à la mise en vibration de l'air, pour agiter celui-ci de vibrations sonores on a coutume de diriger un courant d'air vis-à-vis les bords tranchants d'une ouverture; c'est le moyen employé dans la flûte, dans les orgues, c'est ce qu'on appelle des *tuyaux à bouches*.

On fait encore usage, pour déterminer les vibrations de l'air, de ce qu'on appelle une *anche;* c'est une petite lame élastique, placée devant un orifice que le courant d'air doit traverser : cette petite lame en vibrant, ouvre et ferme alternativement le passage à l'air, ce qui suffit pour faire entrer l'air en vibration; dans ce dernier cas, le son produit dépend des dimensions de la petite lame élastique et non plus de la colonne d'air, comme dans les tuyaux à bouches; c'est le système des petits instruments connus sous le nom d'accordéons.

Les études approfondies de Savard et de quelques autres physiciens ont fait découvrir un fait assez remarquable et dont les facteurs d'instruments pourront, par la suite, tirer un grand parti.

Si l'on produit avec un instrument quelconque, avec la voix, par exemple, une série successive de différents sons, en se plaçant très-près d'une cavité pleine d'air, la forme d'un chapeau, par exemple, on rencontrera un certain son qui, tout à coup, présentera une intensité beaucoup plus grande qu'à l'ordinaire, c'est qu'il arrive que ce son est précisément celui que le volume d'air contenu dans le chapeau est capable de produire en qualité

de corps sonore; ainsi, de semblables cavités disposées convenablement, peuvent devenir des moyens de renforcement capables de doubler ou de tripler l'intensité ordinaire des sons produits.

On cite des chanteurs qui ont la faculté de faire casser les vitres d'un appartement, mais c'est un phénomène accidentel et qui ne dépend pas uniquement de la force du son ; ce phénomène arrive, quand le son produit est exactement celui que produirait la vitre en vibrant dans son entier.

Le plus admirable instrument qui existe pour produire des sons, est sans contredit la voix humaine, et ce qu'il y a de plus extraordinaire, c'est que cette voix peut descendre jusqu'à une note, qui exigerait pour sa production un tuyau d'orgue de quatre pieds de long, fermé par un bout, ce qui représente un tuyau ouvert de huit pieds de long, tandis que tout l'appareil de la voix ne représente que quelques pouces de longueur; mais il est vrai de dire que la voix de l'homme n'est pas un simple tuyau d'orgue, que l'ouverture de la glotte représente très-bien une anche double, et qu'enfin, toutes les parties si compliquées de l'organe de la voix sont susceptibles de se tendre ou de se relâcher à tous les degrés, pour modifier la nature du son produit.

SIXIÈME LEÇON.

MESSIEURS,

Vous avez pu remarquer dans l'histoire des grands corps de la nature, que pour comprendre le système planétaire, il a fallu admettre, indépendamment de l'attraction newtonnienne et de ses lois, certaines impulsions communiquées à chacune des planètes dans la direction de la tangente de leur orbite. Nous avons été contraints à reconnaître l'existence de ces impulsions; car, il est évident que, sans elles, tous les corps planétaires qui s'attirent réciproquement ne tarderaient pas à ne former qu'une seule masse.

Cette supposition, qui s'applique à l'état constant et régulier des mouvements du système planétaire, ne serait d'aucune utilité pour cette multitude de petits mouvements, pour cette multitude de changements de formes et d'états que nous présentent incessamment les corps sublunaires.

Il est évident qu'à la surface du globe, il faut admettre quelque puissance, qui serve à modifier les phénomènes de l'attraction qui s'oppose à ces résultats absolus, et qui explique

d'une manière satisfaisante les états et les mouvements divers que nous présentent les corps.

Ceci nous conduit à étudier *le calorique,* car il faut le dire, l'existence de ce fluide qui pénètre et dilate les corps naturels, ne représente pour nous qu'une force opposée à l'attraction et destinée à en contrebalancer les effets.

Cette supposition de l'existence d'une force opposée à l'attraction est bien nécessaire, et, en effet, nous savons que toutes les particules de la matière sont également attirées par le centre de la terre, c'est-à-dire, également pesantes, et cependant, voici un volume d'or qui pèse 19 grammes, tandis que le même volume d'eau ne pèse qu'un gramme, tandis que le même volume de vapeur d'eau ne pèse que la 1,700^{e} partie d'un gramme, il faut donc que les particules d'or soient placées beaucoup plus près les unes des autres que les molécules de l'eau liquide; il faut donc que les molécules de l'eau en vapeur soient placées 1,700 fois plus loin les unes des autres, que les particules de l'eau liquide. Il y a donc une puissance qui tient les molécules de vapeur d'eau ainsi écartées, malgré leur attraction réciproque, sans quoi, elles se rapprocheraient jusqu'à former un corps aussi dense que l'or; c'est au calorique qui existe dans tous les corps, que l'on attribue cette puissance de répulsion qui contrebalance et modifie les effets de l'attraction.

Tout le monde sait, qu'il y a des corps dont le contact fait éprouver à nos organes une sensation qu'on appelle froid, et d'autres, au contraire, qui nous font éprouver une autre sensation, qu'on appelle chaleur. Il doit y avoir une cause de ces sensations si différentes; on a d'abord nommé cette cause *chaleur* et *matière du feu,* ces expressions étaient évidemment impropres, puisqu'on ne pouvait pas donner le même nom à la chaleur, qui est un effet et à la cause de cet effet; le mot *matière du feu* ne valait pas mieux, car la matière du feu, c'est le combustible qui brûle ou l'oxygène qui est absorbé. Les chi-

mistes nomenclateurs ont adopté le mot *calorique*, pour exprimer la cause des phénomènes de chaleur.

Les sensations dont nous venons de parler sont extrêmement trompeuses, elles sont entièrement relatives aux impressions qui les ont précédées, si la main sort d'un vase plein d'eau chaude, elle trouvera l'eau tiède froide; et si la main sort d'un vase plein d'eau très-froide, la même eau tiède lui paraîtra chaude, c'est pour la même raison que les caves profondes, qui sont toujours à la même température, paraissent chaudes en hiver et froides en été.

Le calorique étant adopté comme cause de la chaleur, se trouve par rapport à nous, dans le même cas que toutes les autres causes; c'est-à-dire, que nous n'en avons aucune idée précise et absolue, mais pour comprendre les phénomènes de l'ordre que nous étudions, après avoir admis l'existence du calorique, il faut lui assigner des propriétés et des qualités qui puissent servir à rendre compte des phénomèmes.

On dit donc que le calorique est un fluide impondérable, parce qu'on n'a jamais pu le peser; que ses particules sont excessivement petites, puisqu'il pénètre aisément dans tous les corps sans exception; que ces mêmes molécules sont douées d'une force de répulsion qui tend à les écarter incessamment les unes des autres, et qui agit suivant la même loi que l'attraction, c'est-à-dire en raison inverse du carré des distances.

On admet encore que ces molécules éprouvent des attractions variées pour celles des autres corps de la nature, en sorte qu'elles peuvent s'attacher aux molécules de ces corps et les entraîner avec elles dans leur répulsion.

Tout ce que nous venons de dire n'est probablement pas vrai; car ici, comme dans beaucoup d'autres cas, nous sommes réduits à faire des suppositions pour expliquer des phénomènes; il n'en est pas moins très-utile d'admettre provisoirement ces suppositions, parce qu'elles nous servent à coordonner nos idées,

à lier les faits entre eux, et à les retenir plus aisément.

Cela posé, nous devons considérer : 1° le calorique dans l'état de liberté ; 2° la manière dont il se conduit dans les corps ; 3° les changements de volume qu'il y produit ; 4° les changements d'état auxquels il donne lieu ; nous devrons enfin examiner les moyens de mesurer le calorique, et les diverses opérations à l'aide desquelles on peut le produire ou le dégager.

Tous les corps de la nature contiennent du calorique ; il n'y a, sous ce rapport, de différence que du plus au moins : mais nous ne connaissons pas de corps dont nous puissions dire qu'ils sont froids d'une manière absolue : ce qu'il y a de remarquable, c'est que ce calorique, contenu dans les corps, ne tend pas à y rester, mais, au contraire, s'en échappe incessamment en se projetant dans l'espace, suivant un mode tout à fait semblable à celui de la lumière, c'est-à-dire en rayonnant.

Il est facile de s'assurer de ce fait, car en approchant la main à une certaine distance d'un corps chaud, on éprouve une certaine sensation de chaleur bien avant d'avoir touché ce corps.

Le calorique qui traverse l'espace, se meut en ligne droite et en rayon comme la lumière ; on s'en assure en plaçant un miroir concave en face d'un corps chaud, il se produit au foyer de ce miroir une chaleur très-considérable, qui ne peut être que le résultat de la réflexion des rayons calorifiques par ce miroir. On ne connaît pas la vitesse du mouvement du calorique ; elle est probablement beaucoup moindre que celle de la lumière.

Le calorique rayonnant traverse le vide, traverse l'air et tous les fluides élastiques en les échauffant très-peu ; mais il est arrêté, en grande partie, par les corps tout à fait transparents, qui laissent si librement passer la lumière ; néanmoins les corps transparents diffèrent considérablement entre eux, sous le point de vue de la facilité avec laquelle ils laissent passer le calorique rayonnant.

Le calorique qui se meut ainsi dans l'espace et qui provient

de toute espèce de corps chaud à quelque degré que ce soit, s'échappe de la surface de ces corps suivant des lois qu'il nous importe beaucoup de connaître, puisque nous mettrons incessamment ces phénomènes en jeu dans nos appareils de chauffage : c'est pourquoi nous exposerons ces lois avec exactitude.

1° Le calorique rayonne de la surface d'un corps en raison directe de la température de ce corps, c'est-à-dire, qu'un corps à 100 degrés de chaleur rayonne exactement 50 fois plus de calorique que le même corps à 50 degrés.

2° La quantité de calorique qui s'échappe d'un corps est exactement en proportion de sa surface extérieure et le maximum de l'effet de ce calorique rayonnant a lieu dans une direction perpendiculaire à sa surface.

3° Un corps dont la surface est inégale rayonne plus de calorique que si la surface en est polie.

4° La couleur des corps influe considérablement sur la quantité de calorique qui, toutes choses égales d'ailleurs, s'échappe de sa surface. Cette différence est même extrêmement considérable, car un corps noir et dépoli rayonne, dans un temps donné, huit fois plus de calorique qu'un corps blanc et poli.

Telles sont les lois suivant lesquelles le calorique s'échappe de la surface d'un corps ; mais le calorique, une fois lancé dans l'espace et rencontrant d'autres corps, est absorbé par eux et ce qu'il y a de remarquable, c'est que cette absorption obéit exactement aux mêmes lois que nous venons de signaler pour l'émission : ainsi, un corps placé au milieu d'un espace environné d'autres corps, absorbe d'autant plus de calorique que sa température est plus basse, il en absorbe en raison de sa surface, il en absorbe plus s'il est dépoli que s'il est poli, enfin un corps noir et dépoli absorbe, toutes choses égales d'ailleurs, huit fois plus de calorique dans un temps donné qu'un corps blanc et poli.

Les principes que nous venons d'énoncer constituent des connaissances tout à fait modernes ; il y a cinquante ou soixante ans,

on ne se doutait pas du rayonnement du calorique, c'est à Lesly et à Rumford que ces découvertes sont dues ; Herschell avait, il est vrai, indiqué le fait du rayonnement du calorique, mais sans en déterminer les lois.

La conséquence la plus générale qu'il y ait a déduire des principes du rayonnement, c'est que, un nombre indéterminé de corps à diverses températures, placés dans une enceinte, doivent nécessairement arriver à l'état d'équilibre, c'est-à-dire se trouver tous au bout d'un certain temps à la même température. Ce fait capital se démontre mathématiquement, mais on le conçoit *à priori*, puisque, tant qu'il y en a un plus chaud, il perd davantage, tandis que les plus froids acquièrent aussi d'autant plus ; quant aux couleurs, comme leur influence est réciproque, elle ne change rien au résultat.

La plupart des expériences qui ont servi à établir les lois du rayonnement sont d'une exécution très-simple, on s'est surtout servi d'un cube creux que l'on peut remplir d'eau bouillante et dont le quatre faces latérales peuvent être alternativement noires, blanches, polies ou dépolies ; en plaçant un miroir concave vis-à-vis ces différentes faces, il se produit à son foyer des températures que l'on peut mesurer exactement et qui sont exactement proportionnelles à la quantité de calorique que chaque espèce de surface rayonne dans un temps donné.

Une multitude de faits vulgaires peuvent servir d'exemple et de preuve de ces principes.

Si un poële bien chauffé est garni d'un tuyau de cuivre poli on pourra en approcher beaucoup la main sans s'apercevoir qu'il est très-chaud et on se brûlera vivement en le touchant ; si au contraire, le tuyau est en tôle noire et rugueuse, le rayonnement se fera sentir de loin ; aussi les tuyaux de cette dernière couleur doivent-ils être préférés pour échauffer les habitations.

Si dans l'hiver, on expose à la fois au feu son rasoir et son

cuir, le cuir sera déjà brûlant lorsque la lame du rasoir sera encore tout à fait froide.

Il est peut-être superflu de faire remarquer que les corps blancs et polis qui absorbent ou rayonnent très-peu de calorique, le réfléchissent au contraire presque complétement.

C'est en conséquence de ces principes que le comte de Rumford a mis à la mode de petits foyers environnés de trois surfaces obliques pour renvoyer le calorique rayonnant dans l'intérieur de la chambre, mais ces surfaces doivent être de préférence en fayence blanche ou en porcelaine.

Je ne puis me défendre ici, Messieurs, de vous communiquer une idée qui m'a bien souvent frappé relativement à ce qu'on nomme les préjugés populaires : on a écrit beaucoup de livres contre les erreurs et les préjugés populaires ; peut-être, ne serait-il pas inutile ni sans intérêt d'en écrire un dans le sens contraire, et qui aurait pour objet de faire voir que beaucoup d'opinions populaires qui, longtemps, ont été traitées avec le plus grand mépris par les savants, se sont trouvées plus tard, parfaitement fondées en raison ; j'en citerai en passant un exemple, à propos du calorique rayonnant.

Avant les découvertes de Lesly et de Rumford, c'était un préjugé de bonne femme bien accrédité que le café se tenait plus chaud dans une cafetière d'argent que dans un vase de terre : les savants niaient positivement ce fait, car ils étaient certains que l'argent était un très-bon conducteur de la chaleur et que par conséquent, le vase d'argent devait refroidir beaucoup plus vite ; malheureusement les savants n'avaient encore aucune idée du rayonnement et par conséquent, ils niaient un fait d'observation, parce qu'ils ne savaient que la moitié de la théorie du calorique.

On pourrait dès aujourd'hui citer un certain nombre de faits du même genre, mais comme il nous est bien démontré que nous ne possédons encore qu'une très-faible partie des lois de la

nature, il est très-possible, que les savants soient conduits plus tard à consacrer comme des faits scientifiques, une foule de choses qui sont considérées aujourd'hui comme imaginaires ou erronées.

Qu'on nous permette de consigner ici, à l'occasion de quelques cas particuliers, un principe très-général dont les hommes de bon sens ne doivent jamais se départir.

Nous sommes beaucoup trop ignorants pour qu'il nous soit permisde nier un fait quelconque, sous prétextequ'il n'est pas rationel ou qu'il est absurde ; en conséquence, à l'égard d'un fait annoncé, il n'y a qu'une seule méthode à suivre et cette méthode consiste à vérifier le fait. Croire sans vérification, c'est manquer de prudence, nier sans vérification, c'est un acte de présomption.

Indépendamment des mouvements du calorique libre, traversant les espaces dont nous venons de nous occuper, ce calorique peut encore se mouvoir dans l'intérieur des corps et se transmettre avec plus ou moins de facilité et de promptitude d'une extrémité d'un corps à l'autre.

Cette propriété, en vertu de laquelle les corps laissent passer le calorique, s'appelle *conductibilité* ou *conducibilité.*

Tout le monde sait, par exemple, qu'en plaçant dans une forge, l'une des extrémités d'une barre de fer, au bout d'un certain tem psl'autre extrémité deviendra assez chaude pour qu'on ne puisse plus la tenir avec la main.

Beaucoup de savants se sont occupés de cette importante propriété ; Laplace a donné la théorie de la communication de la chaleur ; M. Despretz a fait des expériences exactes sur les différents métaux et Fourrier s'en est servi pour établir une formule générale.

Les corps solides sont tous plus ou moins conducteurs du calorique, mais à des degrés très-différents.

Si on exprime par le nombre 1,000 la propriété conductrice

de l'or qui est le meilleur de tous les conducteurs, celle du fer ne sera que 374, celle du plomb que 179, et enfin les briques et la terre du fourneau n'auront plus qu'une faculté conductrice exprimée par 11.

Les matières vitrifiées et le charbon sont les plus mauvais conducteurs de la chaleur que nous connaissions. On peut fondre une tige de verre à la lampe d'émailleur; pendant qu'on la tient à quelques pouces de distance, on tient à la main un charbon qui est incandescent à son extrémité.

Il faut encore remarquer, qu'indépendamment de la propriété conductrice particulière à chaque substance, cette faculté est encore proportionnelle à la section du corps, en sorte que les corps réduits en filaments très-fins sont de très-mauvais conducteurs, c'est pourquoi la ouate de coton ou de soie, la laine cardée et les étoffes tissues de ces mêmes substances sont très-propres à tenir le calorique enfermé dans les espaces qu'elles enveloppent, ce qui explique l'usage que nous faisons de ces sortes de corps pour nos vêtements d'hiver.

Les corps liquides sont à peu près insusceptibles de conduire le calorique; en effet, si l'on verse doucement de l'huile bouillante sur de l'eau froide, l'eau ne s'échauffera pas sensiblement même au bout d'un temps considérable. Cependant les liquides sont très-susceptibles de s'échauffer très-rapidement dans toute leur masse; mais il faut pour cela, que la chaleur soit appliquée à la partie inférieure du vase qui les contient. Ce n'est plus alors par communication que le liquide s'échauffe, mais par déplacement de ses molécules; en effet, aussitôt qu'une molécule est échauffée, elle devient plus légère et monte, puis elle est remplacée par une molécule froide et ainsi de suite; il en résulte que c'est la partie supérieure d'un vase plein d'eau froide, placé sur le feu, qui s'échauffe la première; on a très-bien dépeint ce phénomène, en disant que les liquides charrient le calorique au lieu de le conduire.

Les gaz paraissent encore moins susceptibles de conduire le calorique que les liquides; ils ne paraissent pas s'échauffer du tout, ou de proche en proche, ou par communication; mais, en revanche, leurs molécules étant excessivement mobiles, elles charrient le calorique encore plus facilement que les liquides. Cette propriété donne lieu à des phénomènes très-remarquables : si un corps chaud est placé dans une chambre froide, il s'établira autour de lui un courant d'air ascentionnel; car l'air montera à mesure qu'il se trouvera échauffé par le contact du corps : si, au contraire, un corps froid était placé dans une chambre chaude, il s'établirait autour de lui un courant d'air descendant.

Ces phénomènes deviennent très-saillants pour l'air d'abord, parce que ses molécules sont très-mobiles, et ensuite, parce que la dilatation qu'il éprouve par la chaleur est très-considérable. C'est à l'aide de ces lois physiques que l'on a réussi à expliquer les vents alizés, les brises de terre et de mer, etc.

Il ne faut pas oublier parmi les conséquences de ces principes, que, dans une chambre échauffée par un poêle, l'air le plus chaud touche le plafond, pendant que l'air le plus froid reste sur le plancher : c'est pour la même raison que, dans une salle de spectacle, le parterre est la place la plus saine et la moins chaude, pendant que les régions supérieures sont remplies d'un air échauffé et vicié par la respiration.

La propriété conductrice des gaz est si faible, qu'il suffit d'environner un corps d'une mince lame d'air pour s'opposer à la déperdition de la chaleur : la ouate et la laine dont nous avons parlé, jouent un rôle de cette nature, parce qu'elles contiennent et fixent entre leurs fibres un certain volume d'air qui ne peut pas se déplacer.

Nous venons de vous exposer comment le calorique se mouvait dans l'espace, suivant quelles lois il s'échappait de la surface des corps, ou en était absorbé, d'où nous avons conclu la

tendance à l'équilibre général du calorique ; enfin, nous avons examiné comment le calorique se conduit, en pénétrant la substance même des corps solides, liquides ou gazeux, et nous avons reconnu les différents degrés de conductibilité de ces différents corps.

Maintenant nous devons vous dire que le calorique ne pénètre jamais les corps sans produire en eux des changements très-notables ; ces changements sont de deux ordres : le volume du corps peut être seulement modifié, ce qu'on nomme dilatation des corps par le calorique ; ou bien les corps peuvent passer sous l'influence de ce calorique, de l'état solide à l'état liquide, de l'état liquide à l'état gazeux et réciproquement, c'est ce qu'on appelle *changement d'état des corps.*

Nous examinerons d'abord les phénomènes de dilatation.

Pour étudier avec exactitude les changements de volume produits par le calorique, il faut nécessairement employer un instrument qui puisse nous permettre de comparer les diverses quantités de calorique qui peuvent être accumulées dans un corps donné; c'est pour cela qu'on fait usage du *thermomètre,* dont nous donnerons bientôt une idée.

Quand on veut juger de la quantité de calorique contenue dans un corps, on plonge le thermomètre dans son intérieur; le liquide de l'instrument s'arrête à un certain degré, et ce degré est ce qu'on appelle *la température du corps*; c'est ainsi que l'on dit que la glace fondante est à zéro température ; que le sang de l'homme est à 40 degrés de température, etc., etc.

Il est remarquable que les effets de dilatation du calorique sont beaucoup plus simples et soumis à des lois plus régulières pour les gaz que pour tous les autres corps : c'est pourquoi nous commencerons par vous exposer les phénomènes de dilatation des gaz.

Si l'on prend un volume parfaitement connu d'air atmosphérique bien desséché et à zéro température, on trouve, en l'é-

chauffant progressivement, que, pour un degré du thermomètre centigrade, le volume du gaz s'accroît de 0,00375 du volume primitif de l'air, ou pour 100 degrés de température de 0,375 de ce volume primitif.

Ce qui veut dire que si on échauffe de l'air depuis zéro jusqu'à la température de l'eau bouillante, son volume augmentera de 37/100, c'est-à-dire de plus d'un tiers.

On voit que la quantité dont les gaz sont dilatés par la chaleur sont très-considérables, et c'est ce qui est cause, comme nous le disions tout à l'heure, que l'air échauffé s'élève si vite, soit dans les tuyaux de poêle ou de cheminée, soit même à l'air libre.

Ce qu'il y a de très-remarquable dans la dilatation de l'air, c'est qu'elle a lieu d'une manière parfaitement uniforme, c'est-à-dire que l'air se dilate de quantités parfaitement égales de zéro à 10 degrés, de 10 degrés à 20, de 20 à 30, et ainsi jusqu'aux températures les plus hautes qui aient pu être examinées.

D'un autre côté, il a été également bien constaté que tous les fluides élastiques, de quelque nature qu'ils soient, se dilatent exactement d'une même quantité pour un même nombre de degrés de température; ainsi, du gaz hydrogène, de l'oxigène, de la vapeur d'eau ou de la vapeur de térébenthine, quoique différant énormément par leur poids spécifique, se dilatent exactement de la même manière et de la même quantité que l'air.

Ce fait remarquable est une des lois les plus importantes de la nature, on pourrait croire qu'elle a été facile à découvrir, mais au contraire, elle n'a été constatée que dans ces derniers temps et presque simultanément par M. Gay-Lussac en France, et Dalton en Angleterre. La difficulté de constater le fait tenait à ce que tous les gaz contenant des quantités variables d'humidité, on n'a pu constater l'uniformité de leur dilatation qu'en employant des gaz parfaitement desséchés.

La méthode dont s'est servi M. Gay-Lussac, peut être facilement comprise : il s'est servi d'une boule de verre assez grosse et en communication avec un long tube cylindrique très-étroit ; il a d'abord mesuré exactement la capacité de la boule et du tube, de manière à s'assurer qu'une certaine longueur du tube représentait une certaine fraction de la capacité de la boule ; un millième, par exemple ; il a rempli le tube et la boule d'un gaz parfaitement sec, puis il a fermé le tout en introduisant dans le tube une petite goutte de mercure : il est clair que cette goutte de mercure devait se rapprocher de la boule quand l'air se condensait, et s'en éloigner quand l'air se dilatait ; et enfin, que le chemin parcouru par la petite goutte de mercure dans le tube, indiquait de combien de millièmes le volume de l'air pouvait être accru ou diminué ; il ne restait plus qu'à la faire passer par des températures successives parfaitement connues, et à constater la situation de la goutte de mercure à chacune de ces températures.

Peut-être qu'aucune expérience de recherche n'a exigé plus d'intelligence, de soins et de précision que celle que nous rapportons ; aussi, les résultats obtenus sont-ils un des principaux titres de M. Gay-Lussac.

Si nous avons décrit, contre notre habitude, dans ces notions générales et nécessairement superficielles, un procédé pratique aussi minutieux, c'est que l'ïnstrument même de M. Gay-Lussac constitue le thermomètre à air, c'est-à-dire le plus délicat et le plus exact de tous les thermomètres. Pourvu que l'on tienne compte de la dilatation de la boule de verre elle-même et de la pression de l'air extérieur.

Les liquides sont bien loin de se dilater d'une manière aussi uniforme et suivant des lois aussi simples que les gaz ; on peut même dire que les liquides ne suivent, dans leur dilatation, aucune loi générale absolue.

Nous vous ferons d'abord remarquer que les liquides se dila-

tent généralement beaucoup moins que les gaz ; par exemple, l'alcool ou l'esprit de vin ne se dilate que de 1/9 de son volume, ou 0,11, tandis que les gaz se dilatent de plus d'un tiers de leur volume, ou de 0,37.

D'une autre part, les liquides se dilatent tout différemment les uns des autres, pour un même nombre de degrés de température ; ainsi, pendant que l'alcool se dilate de 1/9 ou 0, 11, le mercure ne se dilate que de 1/55 ou 0,018.

Enfin, les liquides diffèrent encore des gaz, en ce qu'ils ne se dilatent pas uniformément. En général, lorsque les liquides approchent du terme de leur ébullition, leur dilatation va en croissant pour un même nombre de degrés de chaleur.

Le mercure n'entrant en ébullition qu'à 347 degrés de température, sa dilatation est plus uniforme que pour aucun autre liquide, dans les degrés ordinaires de température, et néanmoins, de zéro à 100 degrés il se dilate de 1/55,50, de 100 à 200 de 1/54,25, et de 200 à 300 de 1/53. C'est à cause de cette faible irrégularité, que le mercure est préféré pour construire les thermomètres, et cela avec d'autant plus d'avantages que l'irrégularité de la dilatation du verre qui contient le mercure, compense l'irrégularité de la dilatation du métal; en sorte que la dilatation apparente du mercure contenu dans un thermomètre, est uniforme de zéro à 100 degrés, et s'élève à 1/64 de son volume, ou 0,05.

L'eau se dilate de zéro à 100 degrés, de 1/22 ou 0,04 de son volume; elle présente de grandes irrégularités en approchant de ce terme de 100 degrés où elle commence à bouillir; mais elle offre une autre particularité bien plus remarquable encore.

Nous avons donné comme loi générale, qu'un accroissement de calorique dans un corps produisait sa dilatation et réciproquement; mais l'eau offre, à cet égard, une exception aussi curieuse qu'essentielle à connaître; zéro degré étant la tempé-

rature la plus basse où l'eau peut subsister à l'état liquide, il semblerait que ce dût être aussi le point de son maximum de densité ; cependant il n'en est rien : ce maximum de densité arrive à la température de 4 degrés 4/10, et si on continue à la refroidir, au lieu de se condenser elle commence à se dilater, en sorte que la densité de l'eau est à peu près la même à zéro et à 9 degrés au-dessus de zéro.

On attribue ce singulier phénomène à ce que les molécules de l'eau en approchant de zéro, commencent déjà à s'arranger comme elles le seront dans la glace, laquelle éprouve tout à coup, en se formant, une grande dilatation, puisque son volume s'accroît d'un dixième.

Ces petits phénomènes que nous venons de vous décrire sont la cause, et donnent l'explication des plus grands phénomènes de la nature. L'eau à 4° 4/10 étant plus lourde que l'eau à zéro, lorsqu'une masse d'eau se refroidit peu à peu, c'est toujours la surface qui gèle ; car cette surface est déjà à zéro lorsque le fond du vase est encore à 4° 4/10 ; cela explique d'abord la congellation par la surface et cela fait comprendre la lenteur de cette congellation ; car nous savons que les liquides ne conduisent pas le calorique, mais le transportent : or, l'eau du fond du vase qui est à 4° 4/10, maximum de sa densité, ne peut pas remonter à la surface pour s'y refroidir davantage.

Un autre grand fait remarquable c'est que la température de la profondeur des mers du nord est toujours à 4° 4/10, c'est-à-dire, bien au-dessus du terme de congellation ; cette circonstance, minime en apparence, est pourtant la seule cause qui empêche les grands volumes d'eau de se congeler en masse, même dans les climats les plus froids.

La glace augmentant d'un dixième de son volume au moment de sa formation, doit nécessairement flotter sur l'eau, comme on l'observe lorsque nos rivières charrient ; mais on observe dans les mers du nord des montagnes de glace flottantes qui ont sou-

vent une grande élévation au-dessus du niveau de l'eau ; il est facile de calculer qu'elles doivent être nécessairement enfoncées à une profondeur égale à dix fois leur élévation au-dessus du niveau; en voyageant ainsi, poussées par les vents, leurs bases plongées dans de l'eau à 4° 4/10, se fondent peu à peu ; c'est ce qui est cause de leur subit renversement que l'on observe quelquefois au grand danger des navigateurs.

La dilatation des liquides par la chaleur et la dilatation de la glace par la cristallisation s'exercent avec une puissance énorme et à laquelle on ne peut opposer presqu'aucune résistance physique. Une bombe pleine d'eau qui serait hermétiquement fermée, éclaterait pour peu qu'on la chauffât ; c'est la même raison qui fait éclater, en hiver, les pierres exposées à la gelée lorsqu'elles sont récemment tirées de la carrière ; l'eau qu'elles contiennent se gèle et les brise en se dilatant ; de là l'expression vulgaire de *geler à pierre fendre.*

Les solides se dilatent aussi par l'action de la chaleur ; mais leur dilatation est encore bien plus faible que celle des liquides, car si le mercure se dilate de 1/55, le plomb, le plus dilatable des solides, ne se dilate que de 1/551, c'est-à-dire environ 1/10 de la dilatation du mercure.

Les solides ne présentent dans leur dilatation aucune loi qu'on ait pu saisir ; elle n'a pas de rapport avec leur fusibilité, car le verre qui fond très-aisément, et le platine qui est presqu'infusible, se dilatent presque également.

On distingue dans les métaux la dilatation cubique ou leur augmentation de volume et la dilatation linéaire, ou leur allongement ; la première est sensiblement le triple de la seconde.

Il y a peu de connaissances plus nécessaires dans l'application que la connaissance de la dilatabilité des métaux ; aussi, beaucoup de physiciens s'en sont-ils occupés, et possède-t-on des tables très-étendues sur cette matière.

Le fer se dilate pour 100 degrés de 1/846, et le cuivre

de 1/581 ; on a profité de cette grande différence pour compenser une dilatation par l'autre et obtenir ces pendules de nos grandes horloges qui sont formées de tiges de cuivre et de fer alternées, et qui conservent exactement la même longueur à toutes les températures.

La dilatation et le resserrement des métaux s'opèrent avec une très-grande puissance ; c'est pourquoi de longs conduits en fer solidement fixés se brisent nécessairement en hiver, par leur raccourcissement : pour obvier à cet inconvénient, on place de distance en distance des dispositions qui permettent aux tuyaux de glisser l'un dans l'autre et qu'on nomme *compensateurs.*

On s'est servi de la force de rétraction du fer au Conservatoire des arts et métiers à Paris, pour rapprocher deux énormes murailles qui s'écartaient l'une de l'autre.

Les corps solides qui sont bons conducteurs de la chaleur, s'en pénètrent rapidement et se dilatent à peu près également partout : il n'en est pas de même des corps solides, mauvais conducteurs, comme le verre, par exemple. Si on le chauffe fortement dans un point, cette partie brusquement dilatée fait éclater la masse ; il en est de même lorsqu'un vase de verre étant échauffé, on le réfroidit subitement dans un point ; la contraction qui en résulte produit également la fracture.

C'est sur la dilatation des corps par la chaleur que sont fondés les instruments qui servent à mesurer ce qu'on appelle la température (Thermomètre, Pyromètre, etc).

Voici en général comment on obtient un thermomètre.

L'instrument se compose d'une sphère ou d'un cylindre creux en verre qu'on nomme le réservoir, et qui se continue avec un tube de verre d'un diamètre proportionnel au réservoir et que l'on choisit bien cylindrique ; quand on possède ce petit appareil, on échauffe la boule sur une flamme d'esprit de vin et l'on plonge l'extrémité du tube dans un vase contenant le liquide dont on veut remplir le thermomètre ; l'air de la boule déjà

échauffé, se réfroidit bientôt et se condense, le liquide monte dans le tube et il en arrive un peu jusque dans la boule : on échauffe alors de nouveau cette boule, le liquide se réduit en vapeur et finit par expulser la totalité de l'air. L'instrument étant de nouveau renversé dans le liquide, la boule se remplit cette fois, complétement, parce que toute la vapeur est condensée par le froid. Le tube se trouve également plein de liquide, mais en échauffant un peu la boule on expulse une partie de ce liquide et le tube demeure rempli seulement à la moitié de sa hauteur.

En cet état on possède déjà un instrument qui ne peut manquer d'indiquer les variations de la température, car, toutes les fois qu'on refroidira le liquide de la boule, le liquide diminuant de volume s'abaissera dans le tube, tandis qu'en l'échauffant le liquide s'élèvera.

Il manque encore à cet instrument deux choses : 1° des points fixes qui puissent servir de termes de comparaison pour les diverses températures ; 2° une échelle qui donne des degrés relatifs aux changements de volume du liquide.

Les points fixes s'obtiennent : 1° en plongeant le thermomètre dans de la glace fondante, dont la température est fixée pour des raisons que nous vous expliquerons tout à l'heure, et en marquant sur le tube le point où le liquide s'est arrêté ;

2° En plongeant le thermomètre dans de l'eau distillée bouillante dont la température est aussi constante que celle de la glace fondante, et en marquant aussi sur le tube le point où le liquide s'arrête.

Pour obtenir une échelle, ou des degrés comparatifs, on relève avec un compas la distance qui se trouve entre ces deux points fixes sur le tube, et on la reporte sur une bande de papier ou sur une planchette; alors on divise cette longueur en parties égales, suivant le thermomètre que l'on veut obtenir, en 80 parties pour le thermomètre de Réaumur, en 100 parties pour le

thermomètre centigrade, en 180 parties pour le thermomètre de Farenheit : dans tous les cas, le zéro de cette échelle correspond toujours à la glace fondante; mais la température de l'eau bouillante est exprimée tantôt par 80, tantôt par 100, tantôt par 180 degrés, en sorte que les degrés de ces trois échelles sont entre eux comme les chiffres 4, 5 et 9.

Pour obtenir des degrés de température au-dessous de zéro, on reporte le long du tube en descendant, des degrés égaux à ceux que l'on a obtenus par la méthode précédente.

Toutes sortes de liquides peuvent être employés pour construire des thermomètres : par exemple, l'esprit de vin coloré, l'eau colorée ou le mercure ; chacun d'eux présente des avantages et des inconvénients : l'esprit de vin se dilatant beaucoup, donne des degrés très-apparents, comme il ne se congèle pas par le froid, il convient seul pour les températures très-basses, mais comme il bout à une température peu élevée, sa dilatation est très-irrégulière; il en est de même de l'eau, qui de plus se congèle trop aisément, en sorte que le mercure est préférable pour les instruments d'exactitude; sa dilatation est très-faible; mais comme en qualité de métal opaque et brillant, il est parfaitement visible dans les tubes les plus fin, on obtient encore des degrés très-apparents.

On a coutume quand un thermomètre est fini, d'expulser, l'air qui se trouve au-dessus du liquide; pour cela on échauffe la boule jusqu'à ce que le tube soit entièrement plein, et dans ce moment, on ferme l'extrémité du tube à la lampe.

Vous comprenez que le zéro du thermomètre ne veut pas dire qu'il n'y a point de calorique dans un corps, mais seulement que ce corps affecte le thermomètre de la même manière que la glace fondante, c'est-à-dire, se trouve à la même température.

On peut encore mesurer la température des corps au moyen de la dilatation d'une barre métallique disposée de façon que l'on puisse mesurer très-exactement cette dilatation ; le pyromè-

tre de platine qui est employé pour constater la température des fours à porcelaine, est un instrument de ce genre.

On a aussi fait usage d'un moyen tout différent, qu'on nomme pyromètre de Wedgewood ; il est fondé sur cette propriété que possède l'argile de prendre du retrait ou de diminuer de volume en raison de la température qu'ellea subie ; on prépare de petits cylindres de cet argile qui pénètrent exactement à l'entrée d'une gouttière métallique qui va en se rétrécissant ; puis, après que ce cylindre est retiré d'un four ou d'un creuset, et qu'on l'a l'aissé refroidir, il pénètre plus ou moins avant dans la gouttière, ce qui représente les degrés de température ; mais c'est un instrument peu fidèle.

Avant d'aller plus loin dans l'exposition des phénomènes que le calorique produit en pénétrant les corps, nous croyons devoir nous occuper des sources qui, pour notre globe, peuvent produire de la chaleur ou entretenir celle qui existe.

On peut dire que la première source de calorique de notre globe, c'est le globe lui-même qui doit en contenir une immense quantité ; en effet, nous avons vu que la terre avait probablement été autrefois dans un état complet de fusion ignée, qu'aujourdhui toute sa masse était encore dans le même état à l'exception d'une croûte de peu d'épaisseur qui s'est successivement figée et refroidie, jusqu'à nous permettre d'habiter la surface ; toutes les expériences de sondage prouvent que la température s'accroît considérablement à mesure que l'on pénètre dans l'épaisseur de cette croûte, et nous avons calculé qu'à 5 ou 6 lieues de profondeur la matière terrestre devait être en fusion ; or, il est évident que cette masse de calorique doit tendre incessamment à se répandre au dehors, ce qui, du reste, est bien démontré par la fusion des glaces, qui s'opère au point de contact de leur masse avec le globe ; d'où vient que les torrents s'échappent toujours du dessous des glaciers qui recouvrent les hautes montagnes. Ainsi donc, s'il n'y avait point de refroidis-

sement extérieur le sol que nous habitons se trouverait bientôt à une température très-élevée.

La seconde source de chaleur pour notre globe est l'action des rayons solaires qui, non-seulement éclairent, mais échauffent en même temps les corps sur lesquels ils tombent, ce qui a fait dire que le soleil nous envoyait des rayons lumineux et des rayons calorifiques : il faut seulement bien prendre garde que les rayons du soleil agissent très-diversement suivant les corps sur lesquels ils tombent ; ils échauffent à peine l'atmosphère raréfiée qui se trouve à une ou deux lieues d'élévation, puisque dans ces régions on rencontre des froids de 10 degrés au-dessous de zéro, quand à la surface de ce globe la température est de 29 degrés au-dessus. Fourrier a même calculé que la température, dans le grand espace vide qui nous sépare des étoiles, devait être à 60 degrés au-dessous de zéro.

Il n'en est pas de même quand les rayons du soleil tombent sur des corps solides ; ils sont absorbés et la température s'élève beaucoup. Ce phénomène suit d'ailleurs les lois que nous avons établies pour l'absorption du calorique rayonnant : si l'on dépose sur la neige par un soleil d'hiver, un carré de drap noir et un carré de drap blanc, au bout de la journée, le morceau de drap noir se sera enfoncé dans la neige en la fondant et le morceau de drap blanc sera resté à la surface, car le corps noir aura absorbé beaucoup plus de calorique rayonnant que le corps blanc.

Quelque variée que soit l'action du soleil, suivant la nature des corps qu'il rencontre à la surface du globe, il y a toujours, pour celui-ci, acquisition d'une certaine quantité de calorique.

Je dois vous faire remarquer que la terre ne reçoit de calorique du soleil que par la moitié de sa surface, tandis qu'elle rayonne continuellement de la chaleur dans l'espace, par la totalité de sa surface ; l'hémisphère exposé aux rayons solaires reçoit certainement plus de calorique qu'il n'en perd, et pendant

ce temps, l'autre hémisphère en perd sans en recevoir, ce qui doit produire une sorte de compensation.

Il paraît aujourd'hui complétement démontré, que pour la généralité du globe, cette compensation est tout à fait absolue; car de Laplace a prouvé que depuis 2,000 ans, la terre ne s'était ni échauffée ni refroidie d'un degré.

On comprend que cette constance de température dans la généralité du globe, n'empêche pas les immenses différences qu'on observe par suite des climats et des expositions, et que même il serait possible que telle ou telle partie du globe fût aujourd'hui beaucoup plus chaude ou beaucoup plus froide qu'autrefois, sans pour cela déranger la constance de la température générale : il est, en effet, facile de concevoir qu'une grande surface de terrains sablonneux « qui vient succéder à un terrain boisé, n'est « plus dans les mêmes conditions calorigènes; c'est ainsi que « la Palestine, aujourd'hui couverte de sable aride, n'est plus « cette terre de promission, tant désirée des Hébreux.

« Il en est de même, sans doute, de l'Arabie heureuse, si « mal nommée aujourd'hui, ainsi que du Tibet, de l'Algérie « même ; tous ces lieux, jadis couverts d'une végétation éter-« nelle, qui ont été les premiers et les plus doux séjours de « l'homme, sont bien changés aujourd'hui sous le rapport de la « température.

« Si l'homme civilisé sait embellir sa demeure, l'homme sau-« vage ou barbare s'applique à la dévaster par le fer et la « flamme.

« La disparution des forêts rend la terre inhospitalière.

« Les montagnes découronnées n'arrêtent plus ni les pluies « ni les neiges, pour les laisser couler avec cette utile parci-« monie, si nécessaire à la végétation des coteaux.

« Dans un pays montueux déboisé, chaque orage, chaque dé-« gel est un torrent dévastateur, qui entraîne la terre végétale « des montagnes et submerge les vallées.

« Il ne faut pas un demi siècle-de *laissez faire et laissez pas-* « *ser*, ou de guerre civile, pour changer la température d'une « contrée et la rendre inhabitable : bien évidemment, les pre- « miers habitants du globe n'ont pu exister que sous l'équateur, « à l'abri des forêts toujours verdoyantes et produisant des fruits « murs sans intermittence ; mais l'homme-enfant a montré toute « l'imprévoyance de son âge ; il a brûlé son toit et s'est trouvé « forcé de chercher d'autres abris ; obligé de s'enfoncer de plus « en plus dans les forêts du Nord, il y a rencontré un terrible « ennemi de son bien-être, le loup *fenris* des Scandinaves, la « personnification du froid ; c'est alors seulement qu'il a dû com- « mencer à s'ingénier et à chercher, dans le travail, les moyens « de pourvoir à sa nourriture et à son vêtement ; c'est donc sous « la verge de la nécessité que sont nés l'industrie, les sciences, « les arts et la civilisation.

« Vous voyez, Messieurs, que le songeur ingénieux qui a écrit « que l'homme était le maître de changer les climats, de tem- « pérer la zone torride et de fondre la glace des pôles, ne mé- « ritait pas absolument l'épithète d'insensé qu'on lui prodigua « si long-temps.

« Il a été reçu comme un fait constant, que la température « de l'intérieur de la terre allait croissant d'un degré tous les « 32 mètres : mais deux nouveaux faits viennent déranger ce « calcul. Un puits foré en Allemagne, vient de donner un de- « gré pour 10 mètres, tandis qu'un puits du Kamschatka vient « de donner 4 degrés au-dessous de zéro, à 400 pieds de profon- « deur. La terre est donc gelée sur une grande épaisseur vers les « pôles, et, selon toute apparence, le calorique du globe qui « s'échappe incessamment dans l'espace, doit tendre à diminuer « son volume et à faire gagner du terrain aux glaces des pôles. « C'est ainsi que les navigateurs modernes, trouvant les rou- « tes parcourues par les anciens fermées par les glaces, révo- « quent en doute la véracité de leurs itinéraires.

« Si le globe terrestre doit finir par le froid comme la lune, « sa contemporaine, les expériences de Buffon sont faites pour « nous rassurer, nous aurions encore 42,000 ans de *boni* (1). »

---

(1) Les lignes marquées de guillemets forment une addition explicative fournie par M. Jobard ami de l'auteur et très-familier avec ses idées scientifiques; c'est ainsi qu'il a pu revoir et compléter l'œuvre du Professeur par le souvenir de ses intéressantes conversations.

